This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

A propos de ce livre

Ceci est une copie numérique d'un ouvrage conservé depuis des générations dans les rayonnages d'une bibliothèque avant d'être numérisé avec précaution par Google dans le cadre d'un projet visant à permettre aux internautes de découvrir l'ensemble du patrimoine littéraire mondial en ligne.

Ce livre étant relativement ancien, il n'est plus protégé par la loi sur les droits d'auteur et appartient à présent au domaine public. L'expression "appartenir au domaine public" signifie que le livre en question n'a jamais été soumis aux droits d'auteur ou que ses droits légaux sont arrivés à expiration. Les conditions requises pour qu'un livre tombe dans le domaine public peuvent varier d'un pays à l'autre. Les livres libres de droit sont autant de liens avec le passé. Ils sont les témoins de la richesse de notre histoire, de notre patrimoine culturel et de la connaissance humaine et sont trop souvent difficilement accessibles au public.

Les notes de bas de page et autres annotations en marge du texte présentes dans le volume original sont reprises dans ce fichier, comme un souvenir du long chemin parcouru par l'ouvrage depuis la maison d'édition en passant par la bibliothèque pour finalement se retrouver entre vos mains.

Consignes d'utilisation

Google est fier de travailler en partenariat avec des bibliothèques à la numérisation des ouvrages appartenant au domaine public et de les rendre ainsi accessibles à tous. Ces livres sont en effet la propriété de tous et de toutes et nous sommes tout simplement les gardiens de ce patrimoine. Il s'agit toutefois d'un projet coûteux. Par conséquent et en vue de poursuivre la diffusion de ces ressources inépuisables, nous avons pris les dispositions nécessaires afin de prévenir les éventuels abus auxquels pourraient se livrer des sites marchands tiers, notamment en instaurant des contraintes techniques relatives aux requêtes automatisées.

Nous vous demandons également de:

+ *Ne pas utiliser les fichiers à des fins commerciales* Nous avons conçu le programme Google Recherche de Livres à l'usage des particuliers. Nous vous demandons donc d'utiliser uniquement ces fichiers à des fins personnelles. Ils ne sauraient en effet être employés dans un quelconque but commercial.

+ *Ne pas procéder à des requêtes automatisées* N'envoyez aucune requête automatisée quelle qu'elle soit au système Google. Si vous effectuez des recherches concernant les logiciels de traduction, la reconnaissance optique de caractères ou tout autre domaine nécessitant de disposer d'importantes quantités de texte, n'hésitez pas à nous contacter. Nous encourageons pour la réalisation de ce type de travaux l'utilisation des ouvrages et documents appartenant au domaine public et serions heureux de vous être utile.

+ *Ne pas supprimer l'attribution* Le filigrane Google contenu dans chaque fichier est indispensable pour informer les internautes de notre projet et leur permettre d'accéder à davantage de documents par l'intermédiaire du Programme Google Recherche de Livres. Ne le supprimez en aucun cas.

+ *Rester dans la légalité* Quelle que soit l'utilisation que vous comptez faire des fichiers, n'oubliez pas qu'il est de votre responsabilité de veiller à respecter la loi. Si un ouvrage appartient au domaine public américain, n'en déduisez pas pour autant qu'il en va de même dans les autres pays. La durée légale des droits d'auteur d'un livre varie d'un pays à l'autre. Nous ne sommes donc pas en mesure de répertorier les ouvrages dont l'utilisation est autorisée et ceux dont elle ne l'est pas. Ne croyez pas que le simple fait d'afficher un livre sur Google Recherche de Livres signifie que celui-ci peut être utilisé de quelque façon que ce soit dans le monde entier. La condamnation à laquelle vous vous exposeriez en cas de violation des droits d'auteur peut être sévère.

À propos du service Google Recherche de Livres

En favorisant la recherche et l'accès à un nombre croissant de livres disponibles dans de nombreuses langues, dont le français, Google souhaite contribuer à promouvoir la diversité culturelle grâce à Google Recherche de Livres. En effet, le Programme Google Recherche de Livres permet aux internautes de découvrir le patrimoine littéraire mondial, tout en aidant les auteurs et les éditeurs à élargir leur public. Vous pouvez effectuer des recherches en ligne dans le texte intégral de cet ouvrage à l'adresse `http://books.google.com`

4Soc 451.1.2

Harvard College Library

FROM THE FUND OF

CHARLES MINOT

Class of 1828

4Soc 451.1.2

Harvard College Library

FROM THE FUND OF

CHARLES MINOT

Class of 1828

4Soc 451.1.2

Harvard College Library

FROM THE FUND OF

CHARLES MINOT

Class of 1828

MÉMOIRES

DE L'ACADÉMIE ROYALE

DES

SCIENCES, DES LETTRES ET DES BEAUX-ARTS

DE BELGIQUE

TABLE

DES

MÉMOIRES CONTENUS DANS LE TOME LIV

CLASSE DES SCIENCES

1. — Résolution graphique des cristaux (24 pages, 5 figures, 5 planches); par G. Cesàro.

2. — Sur les moments d'inertie des polygones et des polyèdres (22 pages, 6 figures); par G. Cesàro.

3. — Études sur des Gastropodes pulmonés (76 pages, 14 planche); par Paul Pelsener.

4. — Résolution graphique des cristaux (seconde partie, 24 pages, 20 figures); par G. Cesàro.

5. — Le Mycélium de « Lepiota Meleagris » (Sow.) Sacc. (Coccobotrys xylophilus [Fr.] Boud. et Pat.) (57 pages, 7 planches); par Charles Van Bambeke.

6. — Sur l'évolution nucléaire et la sporulation chez Hydnangium Carneum *Wallr.* (44 pages, 3 planches); par Charles Van Bambeke.

MÉMOIRES

DE

L'ACADÉMIE ROYALE

DES

SCIENCES, DES LETTRES ET DES BEAUX-ARTS

DE BELGIQUE

TOME LIV

BRUXELLES,

HAYEZ, IMPRIMEUR DE L'ACADÉMIE ROYALE DES SCIENCES, DES LETTRES ET DES BEAUX-ARTS DE BELGIQUE,

rue de Louvain, 112

OCTOBRE 1900 — JANVIER 1904

L Soc 451.1.2

HARVARD COLLEGE
APR 1 1909
LIBRARY.

Minot fund
(54)

ESOLU

HARVARD COLLEGE
LIBRARY

RÉSOLUTION GRAPHIQUE DES CRISTAUX

PAR

G. CESÀRO

MEMBRE CORRESPONDANT DE L'ACADÉMIE
PROFESSEUR DE CRISTALLOGRAPHIE ET MINÉRALOGIE A L'UNIVERSITÉ DE LIÉGE

(Présenté à la Classe des sciences dans la séance du 4 mars 1899.)

RÉSOLUTION GRAPHIQUE DES CRISTAUX

Depuis quelques années, j'ai introduit, au laboratoire de minéralogie de l'Université de Liége, une méthode graphique pour la détermination de certains cristaux. J'ai pensé à généraliser cette méthode; je suis parvenu à des solutions très simples, permettant, quels que soient les axes, soit de chercher la notation d'une face, soit de déterminer les dimensions du solide primitif et, assez souvent, la résolution graphique est plus simple que celle par le calcul. On peut dire que, par cette méthode, sans aucun calcul, à l'aide d'un goniomètre et des instruments nécessaires au dessin, on parvient à résoudre les cristaux, même les plus compliqués. Observons seulement ceci : tandis que dans la détermination de la notation d'une face, on sait que les nombres à obtenir sont des entiers simples, ce qui permet de négliger les petites erreurs inévitables dans une méthode graphique, il n'en est pas de même pour la détermination des dimensions du primitif, ces dimensions étant des nombres quelconques; l'exactitude des résultats dépendra donc, dans ce cas, de la précision avec laquelle le dessin a été exécuté.

C'est cette méthode que je vais exposer dans ce mémoire. Je suppose connus les *principes* des *Projections stéréographiques* ainsi que la résolution des principaux problèmes, principes et problèmes dont voici les énoncés :

Principe 1. — La projection stéréographique de tout cercle tracé sur la sphère de projection est un cercle. Le centre de ce dernier se trouve sur l'intersection du cercle d'horizon avec le plan passant par l'œil et par le rayon normal au cercle considéré.

Principe 2. — L'angle de deux grands cercles se projette en vraie grandeur.

Principe 3. — Si l'on joint, en projection stéréographique, le pôle d'un grand cercle à deux de ses points, et que l'on prolonge ces droites jusqu'au cercle d'horizon, l'arc compris entre ces points se trouve reporté sur le cercle d'horizon en vraie grandeur.

Problème 1. — Chercher la projection du grand cercle passant par deux points de la sphère dont les projections sont données.

Problème 2. — Chercher le pôle projeté d'un grand cercle dont la projection stéréographique est donnée.

Problème 3. — Décrire un parallèle d'intervalle donné et ayant un point donné comme pôle.

Problèmes cristallographiques.

On peut résumer les problèmes à résoudre pour la détermination d'un cristal comme il suit :

On a mesuré les angles α, β qu'une face F fait avec deux faces dont les pôles sont donnés en projection. En décrivant de ces pôles des parallèles ayant respectivement pour intervalles α et β (*probl.* 3.), on obtient, à leur intersection, le pôle *f* de la face observée. On détermine, à l'aide du problème qui va suivre, les segments que la face de pôle *f* coupe sur les axes coordonnés. Alors deux cas peuvent se présenter :

a) Si c'est la notation de la face F qui est l'inconnue du problème, et que les paramètres sont connus, en comparant ceux-ci aux segments obtenus graphiquement, on détermine les caractéristiques et, par conséquent, la notation de la face.

b) Si la face F a reçu une notation arbitraire, en vue de la détermination des dimensions du solide primitif, la comparaion des segments obtenus aux caractéristiques assignées à la face donnera les paramètres.

D'autres problèmes, tels que, par exemple, la détermination des angles que les arêtes d'un cristal font entre elles, se ramènent à la résolution d'un triangle sphérique; or, on comprend que cette résolution, quelles que

soient les trois données qui déterminent le triangle, se fait aisément par les projections stéréographiques, le principe 2 permettant : soit de tracer, par un point donné d'un grand cercle, un grand cercle faisant avec le premier un angle donné, soit de chercher la vraie grandeur des angles d'un triangle sphérique donné en projection, et le principe 3 permettant : soit de chercher la vraie grandeur des côtés d'un triangle sphérique donné en projection, soit de porter sur un grand cercle, à partir d'un point donné, un arc de grandeur donnée (*).

On voit que ce qu'il nous reste à chercher, c'est le moyen d'obtenir les segments qu'une face, dont le pôle est donné en projection stéréographique, coupe sur trois droites données passant par le centre de la sphère de projection. Ce problème peut se résoudre par différentes méthodes dont l'une est plus commode que l'autre suivant le système cristallin auquel on a affaire et aussi suivant les conditions particulières de la détermination à effectuer. Ce sont ces méthodes que nous allons exposer.

Observation. — Pour faciliter la lecture des épures, nous désignons par D_p le rabattement, sur le plan du tableau, de la droite D de l'espace autour du diamètre qui, dans le cercle d'horizon, passe par le point *p*.

Problème.

I.

Étant donné un système d'axes dans lequel l'un d'eux, z par exemple, est normal au plan des deux autres, pris pour plan de projection, chercher les segments qu'une face, dont le pôle p ***est donné en projection stéréographique, coupe sur les axes coordonnés.***

La trace AB (fig. 1) de la face considérée sur le plan du tableau est normale à *op;* en prenant pour *o*A une longueur arbitraire, on aura en *o*B

(*) La résolution des angles trièdres, telle qu'on l'étudie en géométrie descriptive, est très aisée par la méthode précédente : on arrive à des épures simples, notamment dans le cas où les trois angles dièdres du trièdre sont donnés.

le segment coupé sur l'axe y. Le grand cercle se projetant suivant SS′ contient l'axe z, l'œil, la ligne de pente de la face sur le tableau, la *normale* à la face menée par o et par conséquent le pôle; rabattons ce cercle,

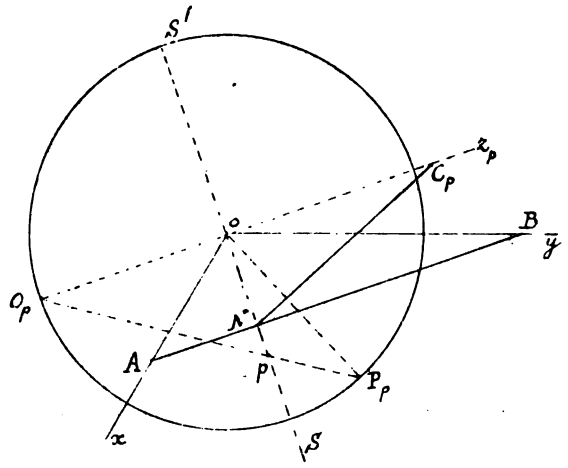


FIG. 1.

autour de SS′, sur le cercle d'horizon. L'axe z vient en z_p, l'œil en O_p, le pôle en P_p (obtenu en joignant O_p à p), la normale en oP_p et la ligne de pente se rabattra suivant la perpendiculaire menée par le point N à oP_p; son intersection avec z_p donnera le segment oC_p coupé sur l'axe z.

L'épure se rapporte à un corps appartenant au système hexagonal ($\widehat{xy} = 120°$), ayant pour paramètres

$$a : c = 1 : 0{,}7346\ (*),$$

c'est-à-dire qu'en prenant $a = 25$, on a pour les paramètres des trois axes

$$a = b = 25 \quad \text{et} \quad c = 18{,}365;$$

on a pris $oA = 25$ millimètres et *mesuré* (**)

$$oB = 50, \quad oC_p = 37;$$

(*) Apatite.
(**) L'épure a été réduite aux trois quarts.

il s'ensuit que la notation de la face est :

$$a : 2a : 2c = 211 = a_1.$$

Le problème inverse, « *Recherche du pôle d'une face dont la notation est donnée* », se résout avec la même facilité, en construisant l'épure en sens inverse.

Observation. — Cette méthode pourra être appliquée dans tous les systèmes, sauf dans le système clinoédrique; dans le cas du système clinorhombique, le plan d'horizon sera le plan de symétrie g^1 (xz) et l'axe binaire y sera normal au tableau.

II.

Même problème, en supposant les axes quelconques et le plan du tableau mené perpendiculairement à l'axe Z.

Dans le trièdre axial, nous appelons A, B, C les angles dièdres polaires correspondant respectivement aux axes X, Y, Z, et α, β, γ les angles réels faits par les axes coordonnés, α s'opposant à X, β à Y. Trois quelconques de ces six éléments étant donnés, la résolution graphique d'un triangle sphérique donnera les trois autres. Nous supposons ici le trièdre axial donné par α, β, C.

Soit x, y (fig. 2) les projections (*) sur le plan du tableau des axes X et Y, projections faisant entre elles l'angle $\pi - C$. En joignant o au pôle donné p, traçant DE normale à op (DE est la trace sur le tableau de la face dont le pôle est p), rabattant autour de oS, on aura, comme dans le cas précédent, le segment oC_p coupé sur Z. Pour obtenir le segment coupé sur X, rabattons autour de ox le grand cercle qui se projette suivant cette droite et qui contient X : l'axe Z se rabat en Z_x normale à ox, l'axe X se rabat en X_x, droite faisant avec Z_x l'angle β; nous connaissons deux points du rabattement de la trace sur ZX de la face considérée : le point C_x, obtenu en prenant $oC_x = oC_p$, et D; en les joignant, et en prolongeant la droite obtenue jusqu'à

(*) La projection orthogonale, sur le tableau, de toute droite passant par le centre de la sphère de projection, ou, plus généralement, de toute droite située dans un plan méridien normal au tableau, coïncide avec sa projection stéréographique.

la rencontre de X_x, on aura en oA_x le segment coupé sur X. Un rabattement autour de *oy* donnera de même le segment oB_y coupé sur Y.

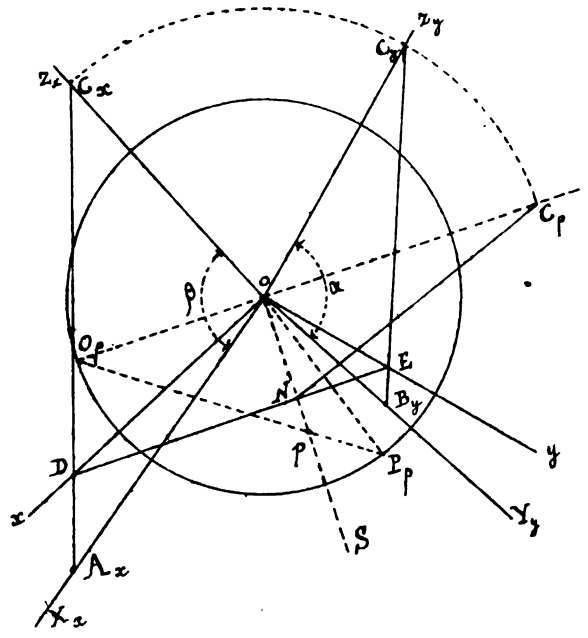


Fig. 2.

L'épure se rapporte à un corps anorthique, les axes étant les parallèles menées par le centre du clinoèdre aux arêtes de ce solide, X étant dirigé suivant *pt*, Y suivant *pm*, Z suivant *mt*. Les rapports paramétriques sont

$$a : b : c = 0{,}6846 : 1 : 0{,}8929,$$

ou bien

$$a = 38{,}34, \quad b = 56, \quad c = 50.$$

On a pris $oC_p = 50$ millimètres (*) et mesuré $oA_x = 57{,}5$ et $oB_y = 28$; la notation est donc :

$$3a : b : 2c = 263 = f^{1/3}d^{4/6}h^{4/3}.$$

Le problème inverse se résout par la même épure : oC_x, oA_x et oB_y étant donnés, on pourra obtenir les points D et E; en rabattant autour de *oS*, normale à DE, on aura NC_p, puis oP_p, et enfin *p*.

(*) L'épure a été réduite approximativement aux trois quarts.

III.

Les axes sont quelconques et le tableau est dirigé d'une manière quelconque par rapport au trièdre axial.

Les axes sont donnés par leurs pôles X, Y, Z. Imaginons dans l'espace un parallèle décrit du pôle P avec un intervalle quelconque; son plan représentera la face cristalline considérée. Donc, en cherchant les points où la circonférence du parallèle coupe la circonférence de grand cercle XY et en les joignant, on obtiendra la trace de la face cristalline sur le plan des XY, trace qui déterminera sur les axes X, Y les segments demandés. De même, en traçant la corde d'intersection du parallèle avec le cercle XZ, on obtiendra par son intersection avec les axes X, Z les segments coupés par la face sur ces axes.

Dans la figure 3, X, Y et Z sont les pôles des axes, *p* le pôle de la face dont on cherche la notation. A l'aide du *problème* 3, page 4, on a décrit un

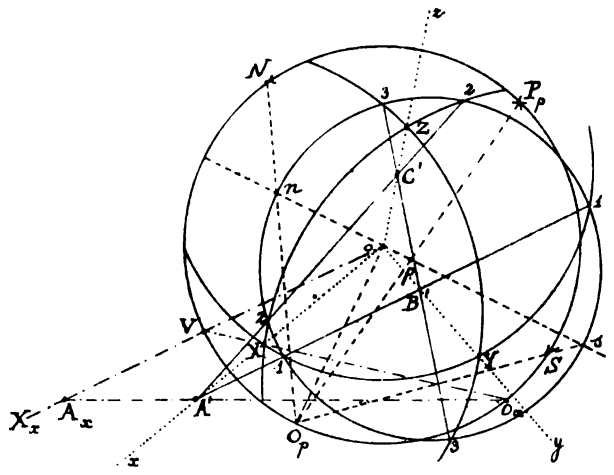


FIG. 3.

parallèle de pôle *p* (*); son diamètre est *n s;* ce parallèle coupe les grands cercles XY, XZ, YZ, respectivement suivant les cordes 1.1, 2.2, 3.3, cordes

(*) Les lignes se rapportant à cette construction sont tracées en traits interrompus; l'intervalle est $P_pN = P_pS$.

qui doivent se couper deux à deux sur les axes coordonnés en A′, B′, C′. Les segments demandés se projettent en oA', oB', oC'. Pour obtenir leur vraie grandeur, on rabattra sur le tableau les méridiens verticaux contenant les axes coordonnés; ainsi, en rabattant autour de ox, l'œil vient en O_x, point qui, joint à X, donne en V le rabattement du pôle X, puis, en oV, le rabattement de l'axe X et en oA_x le segment demandé.

IV.

Simplification de la méthode précédente par l'emploi du parallèle passant par l'œil.

La méthode précédente peut être simplifiée en choisissant parmi les parallèles, ayant pour pôle le pôle de la face dont on cherche la notation, celui qui passe par l'œil et qui se projette, par conséquent, suivant une droite : les points où cette droite rencontre les projections des axes sont les projections des points d'intersection demandés.

Pour tracer un parallèle de pôle donné passant par l'œil, soit (fig. 4) p le pôle. Le plan SS′, normal au tableau, contient l'axe du parallèle, la ligne

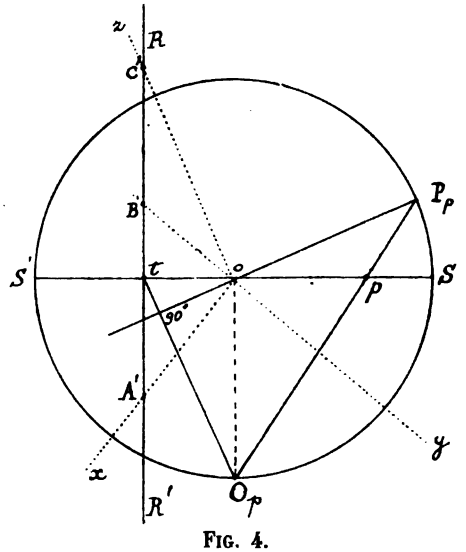


Fig. 4.

de pente de ce dernier sur le tableau, ligne qui est normale à l'axe, et l'œil ; par rabattement autour de SS′, ce dernier vient en O_p, l'axe du parallèle en

oP_p et la ligne de pente en $O_p t$. La trace projection demandée RR′ passe par t et est normale à SS′. Si ox, oy, oz sont les projections des axes, les segments demandés se projetteront en oA', oB', oC'.

V.

Seconde méthode générale.

Si λ, μ, ν sont les segments coupés par une face sur les axes coordonnés, s la longueur de la perpendiculaire menée de l'origine sur la face, x, y, z les angles que cette perpendiculaire fait avec les axes, on a

$$s = \lambda \cos x = \mu \cos y = \nu \cos z \ (*),$$

ou bien

$$\frac{\lambda}{\text{séc } x} = \frac{\mu}{\text{séc } y} = \frac{\nu}{\text{séc } z},$$

c'est-à-dire que *les segments demandés sont les sécantes des arcs compris entre le pôle* p *de la face et les pôles des axes coordonnés.* Ces arcs se construisent en vraie grandeur par le *principe* 3 (page 4).

Soit (fig. 5) p le pôle de la face dont on cherche la notation; faisons

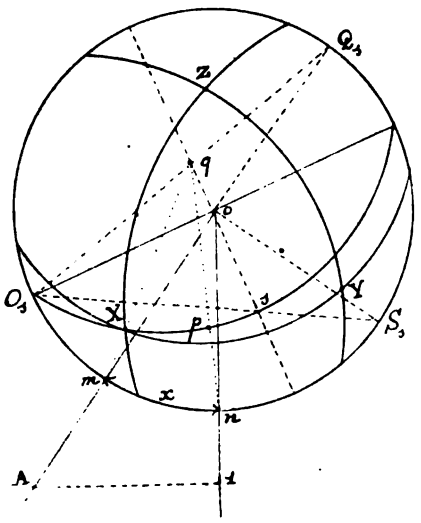


FIG. 5.

passer par p et X un grand cercle (*problème* 1, page 4), puis, par un rabattement autour de os, cherchons le pôle q de ce cercle (*problème* 2,

(*) C'est l'équation fondamentale du calcul cristallographique.

page 4). En traçant qX, qp, on aura sur le cercle d'horizon, en mn, la vraie grandeur de x. En prenant sur on une unité arbitraire $o1$ et menant 1A perpendiculaire à $o1$, on aura en oA le segment coupé par la face sur l'axe de x, etc.

Applications.

1° Wavellite.

Détermination de la forme primitive — Données : orthorhombique,

$$\alpha = b''' b''' \text{ sur } a^1 = (111)(1\bar{1}1) = 36° 28'$$
$$\beta = b''' b''' \text{ sur } e^1 = (111)(\bar{1}11) = 68° 19'$$

Inconnues : angle mm du prisme, a et c; on suppose $b = 1$.

L'inspection de la projection stéréographique (fig. 6, pl. I) montre que le pôle 111 se trouve à une distance angulaire de y donnée par $90° - \frac{\alpha}{2} = 71°46'$ et que sa distance à x (100) est de $90° - \frac{\beta}{2} = 55°50',5$. Donc, en décrivant avec les intervalles ci-dessus deux parallèles ss', tt', ayant respectivement pour pôles y et 100, on obtiendra le pôle 111 à leur intersection.

En joignant z à 111, on a, sur le cercle d'horizon, le pôle $m = 110$; en mesurant l'arc 100.110, on trouve 29°; donc $\widehat{mm} = 58°$.

Appliquons au pôle 111 la construction I (page 5) pour chercher les segments que la face considérée coupe sur les axes; d'après la notation de la face, ces segments seront précisément les paramètres a, b, c :

Une droite AB, normale à z.110, sera la trace sur le tableau de la face 111; un rabattement autour de zN donne le segment zC coupé sur l'axe de z. On mesure

$$zA = 46, \quad zB = 80, \quad zC = 32,5 \text{ (*)},$$

c'est-à-dire que

$$a : b : c = 0,57 : 1 : 0,41.$$

Observation. — Par le calcul, on obtient

$$\widehat{mm} = 58° 15' \qquad a = 0,56 \qquad c = 0,41.$$

(*) Par l'impression, le dessin a été réduit approximativement aux trois quarts.

2° Gypse.

Détermination de la forme primitive. — Données : clinorhombique,

$$a = mm_{ant} = (110)(1\bar{1}0) = 68°\,30' \text{ (*)}$$
$$\gamma = e^1e^1_{sur\,p} = (011)(0\bar{1}1) = 41°\,20'$$
$$\delta = e^1m_{ant} = (011)(110) = 59°\,15'.$$

Inconnues :

$$\beta = ph^1 = (001)(100), \quad a \text{ et } c.$$

Le pôle 110 (fig. 7, pl. I) s'obtient immédiatement en prenant 100.M $= \frac{a}{2}$ et joignant MO_m.

De la deuxième donnée ci-dessus, on tire

$$\widehat{011 \,.\, y} = 90° - \frac{\gamma}{2} = 69°\,20'.$$

Donc, le pôle 011 se trouvera à l'intersection de deux parallèles décrits l'un avec y comme pôle et d'intervalle 69°20′, l'autre avec 110 comme pôle et d'intervalle 59°15′ ; le premier, parallèle au cercle d'horizon, a pour rayon *ys ;* l'autre a été obtenu en prenant MN = MQ = 59°15′ ; son diamètre est *nq*.

En joignant 011 à y, on obtient, sur le cercle d'horizon, le pôle p = 001. En mesurant l'arc 001.100, on trouve β = 66°.

Pour la détermination des paramètres, nous appliquerons la méthode IV (page 10) successivement aux pôles 110 et 011. Le parallèle passant par l'œil et qui a pour pôle 110 coupe le tableau suivant la droite RDR′ (**) et l'axe des x en A. Le parallèle passant par l'œil et qui a pour pôle 011 coupe le tableau suivant $R_1D_1R_1'$ (***) et l'axe des z en C. D'ailleurs, les deux paral-

(*) Données employées par Des Cloizeaux pour la détermination du prisme primitif du gypse.

(**) Les lignes se rapportant à cette construction sont en — ·

(***) Les lignes servant à construire cette droite sont en — ··

lèles coupent sur l'axe des y un segment égal au rayon r du cercle d'horizon. Les paramètres sont donc

$$a = yA = 42, \quad b = r = 57{,}5, \quad c = yC = 24\ (*),$$

ou bien

$$a : b : c = 0{,}73 : 1 : 0{,}42.$$

Observation. — Le calcul donne

$$\beta = 66°\,9', \quad a : b : c = 0{,}74 : 1 : 0{,}41.$$

3° Monazite.

Détermination de la forme primitive — Données : clinorhombique,

$$\alpha = mh^1 = (110)(100) = 43°\,17'\,10''\ (**)$$
$$\gamma = o^1h^1 = (101)(100) = 39°\,12'\,30''$$
$$\delta = e^1h^1 = (011)(100) = 79°\,55'\,3''.$$

Inconnues : β, a, c.

Le pôle o^1 (fig. 8, pl. II) se construit immédiatement; m s'obtient par un rabattement autour de yh^1. Pour avoir $e^1 = 011$, on observe d'abord que ce pôle se trouve sur le cercle de zone $o^1m' = (101)(\bar{1}10)$(***), cercle que l'on construira d'après le *problème* 1 (page 4); en outre, comme la distance angulaire du pôle inconnu à h^1 est δ, il suffira de décrire un parallèle $dD_{h^1}i$, de pôle h^1 et d'intervalle 79° 55′, pour avoir le pôle demandé à l'intersection de ce parallèle et du grand cercle o^1m'. En traçant ye^1, on obtiendra, sur le cercle d'horizon, le pôle $p = 001$; puis, en mesurant l'arc ph^1, on trouve $\beta = 76°\,30'$.

Pour obtenir les paramètres, nous appliquerons à o^1 et à e^1 (IV) la méthode I (page 5). Pour o^1, qui est perpendiculaire au tableau, la trace

(*) Réduction approximative : trois quarts.

(**) Incidences de départ de M. Dana pour la détermination des dimensions du prisme primitif de la monazite.

(***) Si X, Y, Z sont les caractéristiques d'un pôle quelconque situé sur ce cercle, on a $X + Y = Z$.

(IV) On aurait pu aussi l'appliquer à m.

sur xz, menée normalement à o^1y, nous donnera immédiatement les paramètres coupés sur les axes x et z, paramètres qui, mesurés, sont

$$a = 75{,}5 \qquad c = 70{,}5\ (^*).$$

Pour e^1, la trace tt' étant construite, normalement à ye^1, de manière à couper c sur l'axe des z, un rabattement autour de ye^1 donne en yS la normale et en Nb la ligne de pente rabattues; on aura ainsi en yb le paramètre de l'axe y; on mesure $b = 78$.

Les rapports paramétriques sont donc

$$a : b : c = 0{,}97 : 1 : 0{,}90.$$

Observation. — La résolution numérique, par le calcul, en employant les méthodes ordinaires, n'est pas très aisée :

En appliquant la relation fondamentale

$$\frac{a}{h}\cos x = \frac{1}{k}\cos y = \frac{c}{l}\cos z,$$

successivement aux faces 110, 101, 011, on obtient

$$a \sin\beta = \operatorname{tg}\alpha \tag{1}$$

$$a \sin(\beta - \gamma) = c \sin\gamma \tag{2}$$

$$\cos y = c \sin y \sin\beta;$$

comme, en outre, le triangle h^1e^1y donne

$$\cos\delta = \sin y \cos\beta,$$

en éliminant y entre les deux dernières relations, il vient

$$\cot^2\beta = (c^2 + 1)\cot^2\delta. \tag{3}$$

Les équations (1), (2) et (3) constituent un système à trois inconnues (a, c, β), qu'il faut résoudre. En divisant membre à membre les équa-

(*) Réduction : deux tiers.

tions (1) et (2), puis faisant disparaître β de l'équation résultante, à l'aide de (3) et, en posant, pour abréger

$$\cot\gamma = m, \quad \cot\alpha = n, \quad \cot\delta = p,$$

on obtient l'équation en c

$$(n^2 - p^2)c^2 - 2mn \cdot c + m^2 - p^2 = 0,$$

équation qui donne

$$c = 0{,}925557.$$

L'équation résultant de la division de (1) par (2), donne alors

$$\beta = 76^\circ\,20'\,10'',6$$

et l'équation (1)

$$a = 0{,}969328.$$

4° Boracite.

Tétraédrique. Rhombododécaèdre portant sur ses angles à A^2 des pointements symétriques à quatre faces (fig. 9, pl. II) (*). On a mesuré

$$s(101) = \alpha = 17^\circ\,1'$$
$$s(011) = \beta = 44^\circ\,11';$$

on demande la notation du tétrahexaèdre dont s *est une face.*

Les pôles 101, 011 (fig. 10, pl. II) étant construits, on tracera deux parallèles : l'un de pôle 101 et d'intervalle $17^\circ 1'$; l'autre de pôle 011 et d'intervalle $44^\circ 11'$; le premier a pour diamètre mn, le second a pour diamètre qr. Ces parallèles se coupent en deux points, mais il est facile de voir que le pôle s à obtenir, représentant une face qui forme pointement sur l'angle z du rhombododécaèdre, doit se trouver entre z et le cercle de

(*) Dans la figure 9 on n'a dessiné que le pointement terminant l'axe z.

zone (101)(011). — On déterminera les segments interceptés sur les axes par la méthode I (page 5); on obtient :

$$zA = 32, \quad zB = 94{,}5, \quad zC = 19\ (*);$$

ces nombres sont entre eux comme

$$0{,}339 : 1 : 0{,}201,$$

c'est-à-dire que la notation est

$$315 = b^{1/3}b^{1}b^{1/5}.$$

5° Chromate de calcium hydraté. $CaCrO^4 + aq.$

Cristaux orthorhombiques étudiés par M. Wyrouboff, formés (fig. 11, pl. III) de trois rhomboctaèdres, d'un prisme et de deux faces parallèles à un plan de symétrie; en prenant celles-ci pour $p = 001$, le prisme uu' est vertical. On assigne au rhomboctaèdre largement développé la notation $b^{1/4} = 221$; après avoir déterminé les dimensions du primitif, il reste à déterminer les notations du prisme uu' et des rhomboctaèdres tt' et ss'.

Données : Pour la détermination du primitif :

$$\alpha = (221)(2\bar{2}1) = 80°\,30'$$
$$\beta = (001)(221) = 66°\,11'.$$

Pour la recherche des notations des formes uu', tt', ss' :

$$\delta = uu' = 126°\,46' \qquad \varepsilon = ss' = 50°\,56'$$
$$\gamma = pt = 48°\,34' \qquad \lambda = ps = 74°\,25'.$$

Détermination du primitif (fig. 12, pl. III). — Le pôle 221 se trouve à l'intersection de deux parallèles : en prenant DE = 66°11′ et traçant Ex, o est le centre, oe le rayon du premier parallèle; le pôle 221 est à une distance $90° - \frac{\alpha}{2} = 49°45'$ du pôle y; le second parallèle aura donc y comme pôle et $yF = yF'$ comme intervalle; en déterminant f, on a trois

(*) Réduction : deux tiers.

points pour le tracer. Le pôle 221 étant obtenu, en le joignant à o, on trouve $m = 110$ sur le cercle d'horizon, et mesure $x.110 = 45°$, d'où

$$\widehat{mm} = 90°. \qquad \text{Calculé : } 89°\,52'.$$

Il suit de là que

$$a = b = 1. \qquad \text{Calculé : } a = 0{,}998.$$

Pour obtenir c, on a appliqué la construction I (p. 5) au pôle 221 : un rabattement autour de $o.110$ a donné en oG et en HK les rabattements de la normale et de la ligne de pente; les segments coupés par 221 sur les axes sont donc

$$ox = \frac{a}{2} = 60, \quad oy = \frac{b}{2} = 60, \quad o\text{K} = c = 98\ (*),$$

c'est-à-dire

$$a : b : c = 1 : 1 : 0{,}82. \qquad \text{Calculé : } c = 0{,}8.$$

Notation du prisme uu'. — En prenant $xu' = \frac{1}{2}\delta = 63°23'$, et menant xM perpendiculaire à ou', on trouve $o\text{M} = \frac{1}{2}o\text{R}$; donc

$$u = 120 = g^3.$$

Notation de tt'. — En prenant à partir de p_{110} un arc de 48°34', on obtient t_{110}; la ligne de pente HL détermine sur l'axe des z rabattu un segment $o\text{L} = \frac{1}{2}o\text{K}$; donc

$$t = 111 = b^{1/2}.$$

Notation de ss'. — Le pôle s' a été obtenu par la même construction qui a servi à tracer le pôle 221; le premier parallèle, de rayon op, a été construit en prenant DP = 74°25'; le second, $Qq\text{Q}'$, a pour pôle R et pour intervalle

$$\text{RQ} = \text{RQ}' = 90° - \frac{\varepsilon}{2} = 64°\,32'.$$

Pour obtenir les segments interceptés par s' sur les axes, nous avons employé la méthode IV (p. 10) : $O_{s'}$ N est le rabattement autour de os' de la

(*) Le dessin a été reproduit sensiblement à la grandeur réelle.

ligne de pente du parallèle passant par l'œil, et AB la trace projection de ce parallèle sur le plan du tableau. On mesure

$$oA = 18, \quad oB = 36, \quad oC = 60 \text{ (*)}.$$

En comparant ces résultats aux paramètres : 1 : 1 : 0,82, on obtient

$$h = 2, \quad k = 1, \quad l = 0{,}492,$$

de sorte que

$$s = 421 = b^{\frac{1}{2}} b^{\frac{1}{2}} h^1.$$

6° Axinite.

Données : Pour la détermination du primitif :

$pt = (001)(010) = 64° 30'$, $pm = (001)(100) = 45° 12'$
$mt = (100)(010) = 44° 34'$
$g^1t = (\bar{1}10)(010) = 32° 46'$, $pf^1 = (001)(011) = 36° 30'$.

Pour la détermination de la forme δ :

$$p\delta = 86° 35', \quad g^1\delta = 31° 35'.$$

Détermination du primitif. — On a pris pour tableau le plan mené par le centre du clinoèdre parallèlement à $t = 010$; les axes Z et X se trouvent donc dans le plan d'horizon ; le premier étant placé verticalement, le cercle de zone mtg^1 se projette suivant le diamètre horizontal du cercle d'horizon. En prenant (fig. 14, pl. IV) ZM = 44°34′, ZG = 32°46′ et joignant à O_m, on obtient les pôles m et g^1. Pour avoir p, comme on connaît les distances angulaires de ce pôle à t et à m, on décrira de ces points comme pôles, et respectivement avec des intervalles 64°30′ et 45°12′, des parallèles qui donneront p à leur intersection : le premier parallèle a pour rayon td, le second a pour

(*) Lorsqu'on emploie le parallèle passant par l'œil et qu'un axe cordonné est normal au tableau, le segment intercepté sur cet axe par la face considérée est évidemment le rayon de la sphère de projection.

diamètre *te* (*). Traçons le grand cercle *pm* (*probl.* 1, p. 4) et soit ω son centre. Les angles du triangle sphérique *pmt* représentent en vraie grandeur (*princ.* 2, p. 3) les suppléments des angles faits par les axes coordonnés, c'est-à-dire des angles que les arêtes du clinoèdre primitif font entre elles ; ainsi, par la mesure, on trouve $\widehat{ptm} = 50°30'$, d'où : $\beta = 129°30'$; pour les autres, il faudrait mener les tangentes au cercle *pm* en *p* et *m* et mesurer les angles que ces tangentes font respectivement avec *pt* et *mt* (**). On obtient :

Angles	Mesurés	Calculés
α.	80° 30′	81° 44′
β.	129° 30′	128° 55′
γ.	131°	129° 42′.

L'axe X peut à présent être tracé, vu qu'il est normal à *pt ;* de même, la projection *y* de Y est normale à tO_y. Pour avoir la projection du pôle Y, observons qu'elle doit se trouver sur *y* et sur le grand cercle ayant pour pôle *m ;* ce cercle s'obtiendra en prenant MN = 90°, joignant NO_m et faisant passer une circonférence par les points Z, *n*, et O_m. Pour avoir le rabattement de l'axe Y, autour de sa projection *y*, sur le tableau, observons que, dans ce rabattement, le pôle Y vient sur le cercle d'horizon en G (***); il suffira donc de joindre G*t*.

Enfin, pour avoir f^1, rabattons autour de *pt : p* vient en *p' ;* prenons $p'H = 36°30'$ et traçons HO_p.

Pour obtenir les paramètres, cherchons successivement les segments déterminés sur les axes par les faces $g^1 = \bar{1}10$ et $f^1 = 011$. Pour g^1, em-

(*) En réalité, en prenant à partir de M, de part et d'autre, un arc de 45°12′, on obtient deux points, l'un à droite de Z à une distance angulaire de 0°38′, l'autre un peu au-dessus de *e*, à une distance de 0°14′; le vrai diamètre, que nous désignons par *t'e'*, aura donc ses extrémités un peu déplacées vers la droite, l'une d'une distance *tt'* = 0,005527 R, l'autre de *ee'* = 0,004064 R. Comme dans l'épure le rayon du cercle d'horizon est R = 60 millimètres, on a *tt'* = $\frac{1}{3}$ de millimètre et *ee'* = $\frac{1}{4}$ de millimètre; quant au rayon du vrai cercle, il serait supérieur à celui du cercle *te* d'environ $\frac{1}{25}$ de millimètre.

(**) Sans tracer la tangente, il suffit de joindre *p*ω et mesurer l'angle ω*pt*, qui est le complément de l'angle demandé.

(***) Dans l'axinite, le rabattement du pôle Y autour de *y* coïncide sensiblement avec le rabattement du pôle g^1 autour de *mt*.

ployons la construction IV (p. 10) : $O_m K$ est la ligne de pente rabattue et RR′ la trace projection du parallèle passant par l'œil et ayant pour pôle g^1; cette trace coupe X en a, y en Q, de sorte que $t\,a = a$ et t Q est la projection du paramètre b, dont la vraie grandeur se trouve sur le rabattement $-Y_y$ en tb. On mesure $a = 119{,}5$, $b = 52{,}5$ (*), de sorte que $\frac{a}{b} = 2{,}27$.

Pour f^1, la méthode précédente n'est pas applicable, parce que la trace du parallèle passant par l'œil sort des limites de l'épure. On a employé un parallèle quelconque (Mét. III, p. 9), ayant pour intervalle HV = HV′ et pour diamètre $v\,v'$; la corde SS′, intersection de ce parallèle et du cercle YZ, coupe l'axe Z en c' et y en u, qui se rabat en b'; de sorte que

$$c = tc' = 51{,}5, \quad b = tb' = 41 \quad \text{et} \quad \frac{c}{b} = 1{,}26.$$

En définitive

$$a : b : c = 2{,}27 : 1 : 1{,}26 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (1)$$

Par le calcul on obtient

$$a : b : c = 2{,}29 : 1 : 1{,}25.$$

Détermination de la forme δ (fig. 15, pl. IV).

Le premier parallèle dd', décrit de g^1 comme pôle, s'obtient en prenant GD = GD′ = 31°35′. Le second parallèle doit être décrit de p comme pôle avec un intervalle de 86°35′; en prenant PE′ et PE égaux à cet intervalle et joignant à O_p, on aurait en c' et e les extrémités du diamètre sur lequel le parallèle doit être décrit; seulement, comme O_pE rencontre tp hors des limites de l'épure, le point e est inaccessible; on évite la difficulté en déterminant directement le centre ω à l'aide de la parallèle à O_pE menée par le point m milieu de $O_p e'$. On obtient ainsi le cercle $\pi e' \pi'$ qui coupe le premier parallèle au point demandé δ.

Pour obtenir les segments coupés par δ sur les axes, on a employé la méthode du parallèle passant par l'œil (**); on n'a pas tracé Δt et, pour mener de O_δ la perpendiculaire sur cette droite, on a pris l'arc ΔS égal à

(*) Réduction : deux tiers.

(**) Les lignes qui se rapportent à cette construction sont en — ·

l'arc ΔO_3, puis joint SO_3. La trace RR′ du parallèle coupe les axes X, y, Z respectivement en A, B′ et C; B′, par rabattement autour de y, vient en B, de sorte que les segments demandés sont

$$tA = 36, \quad tB = 32, \quad tC = 79;$$

ces segments, comparés aux paramètres (1) donnent $16a$, $32b$ et $63c$. L'épure montre, en outre, que le segment coupé sur X est de signe contraire aux autres; de sorte que la notation est

$$-a : 2b : 4c = \bar{4}21 = f^{4/4}c^{4/3}g^{1}.$$

Observation. — La figure 13 (pl. IV) est la projection orthogonale sur t du cristal étudié; tous les éléments nécessaires pour la tracer peuvent être puisés dans l'épure 14. L'angle des axes X et Z se projette en vraie grandeur; il en est de même des paramètres a et c; quant à Y, il se projette suivant une droite faisant avec X l'angle ytX de la figure 14, et son paramètre s'obtient, dans la même figure, en prenant b sur Y_y et le projettant orthogonalement sur y.

7° Phénacite.

Rhomboédrique. *Données :* Pour la détermination des dimensions du primitif : $\alpha = pp'$ (arête culminante) $= 63°24'$. *Inconnue :* $\frac{c}{a}$.

Pour la détermination de la forme s :

$$sp = 48°10', \quad sp' = 64°33'.$$

Détermination de $\frac{c}{a}$ (fig. 17, pl. V). — La projection stéréographique est faite sur un plan normal au A^3; les axes coordonnés X, Y, Z sont les parallèles menées aux arêtes du rhomboèdre par le centre de ce solide; les projections de ces axes sur le tableau sont x, y et z. On a pris pour rayon du cercle d'horizon $a = 50$ (*).

Pour avoir les pôles p, p', observons que le grand cercle qui les relie

(*) Réduction : trois quarts.

passe par d^1, extrémité d'un L^2; il suit de là que p se trouve sur un parallèle RR′ ayant d^1 comme pôle et pour intervalle $d^1p = 90° - \frac{\alpha}{2} = 58° 18'$. Le pôle p se trouve en outre sur le grand cercle Cz. Pour déterminer c, c'est-à-dire le segment coupé par la face p sur l'axe ternaire, appliquons la méthode I (p. 5) en prenant pour axes auxiliaires les deux L^2 antérieurs et le A^3 (*) : la trace sur le tableau est d^1g; en rabattant autour de Cp, on obtient en CP la normale rabattue et en Ec le rabattement de la ligne de pente; on mesure C$c = 32,5$, de sorte que

$a : c = 1 : 0,65$. Calculé : $c = 0,66$.

Sur la même épure, on a déterminé le rabattement de l'axe X autour de sa projection Cx, en opérant comme il suit : l'arête culminante de droite (qui est parallèle à X) a pour trace sur le plan du tableau le point x et détermine sur A^3 un segment c; son rabattement Ax, autour de x, peut donc être construit immédiatement. Le rabattement de X sera la droite CX_x menée par le centre parallèlement à Ax (**).

Recherche de la notation de s. (fig. 18, pl. V). — De p comme pôle, on a décrit un parallèle d'intervalle 48°10′, intervalle que l'on a pris en p_rM et p_rM′; mm' est son diamètre. De p' comme pôle, on a décrit un second parallèle d'intervalle $64°33' = p_r'$ N $= p_r'$ N′; nn' est son diamètre. A l'intersection on obtient s.

On a cherché les segments déterminés par cette face sur les axes par la méthode du parallèle passant par l'œil : CS_r est le rabattement de l'axe de ce parallèle, $O_s i$ celui de sa ligne de pente et i RR′ sa trace projection coupant les axes en d, e, f. Pour avoir les vraies grandeurs des segments, rabattons autour de x : l'axe X viendra en X_x, droite construite comme dans l'épure 17, et Cd aura pour vraie grandeur CD = 22,5. Comme Y et Z ont

(*) $p = a : a : c$.

(**) On aurait pu observer que X est l'axe du grand cercle pp'; la ligne de pente de ce cercle qui se projette en Cm, se rabat en CM_r et l'axe se rabat suivant CN normale à CM_r.

En joignant Nd^1, on aurait en I la projection stéréographique du point où X perce la sphère de projection.

même inclinaison que X sur le plan de projection, nous avons pris, en faisant attention aux signes, $Ce' = Ce$, $Cf' = Cf$; en joignant les points e', f' à O_x, on obtient en CE, CF les vraies grandeurs des segments coupés sur Y et Z; on mesure CE = 45, CF = 23,5; de sorte que la notation est $\overline{22}$,5 : 45 : 23,5, c'est-à-dire très approximativement

$$\bar{2}12 = e_{\frac{1}{2}}.$$

Observation. — La figure 16 (pl. V) est une projection oblique du cristal étudié sur le plan $A^3\,L^2$ qui se projette en O_pC dans les figures 17 et 18; la projetante est située dans le plan des trois axes binaires.

II.

SUR

LES MOMENTS D'INERTIE

DES

POLYGONES ET DES POLYÈDRES

PAR

G. CESÀRO
Correspondant de l'Académie royale de Belgique,
Professeur de minéralogie à l'Université
de Liége.

(Présenté à la Classe des sciences dans la séance du 6 janvier 1900.)

SUR

LES MOMENTS D'INERTIE

DES

POLYGONES PLANS ET DES POLYÈDRES

J'ai énoncé jadis le thèorème suivant :

Le moment d'inertie d'un triangle par rapport à une droite de son plan, égale le produit du tiers de sa surface par la somme des carrés des perpendiculaires menées sur la droite par les milieux des côtés du triangle.

Ce théorème, qui est passé inaperçu, permet de calculer les moments d'inertie d'un polygone, sans le secours du calcul intégral, aussi simplement que l'on calcule sa surface, en s'appuyant sur la propriété que l'aire d'un triangle égale le produit de sa base par la moitié de sa hauteur.

Je me propose, dans cette note, d'exposer une nouvelle méthode, *purement* (*) géométrique, donnant les moments d'inertie du triangle, puis des

(*) Il ne s'agit pas de sommations à l'infini.

polygones plans, du parallélipipède, du prisme, du tétraèdre et, par conséquent, d'un polyèdre quelconque.

Voici en quoi consiste cette méthode :

Il est d'abord facile de chercher la relation entre les moments d'inertie de deux figures inversement ou directement semblables. Cette relation étant obtenue, supposons que la figure dont on cherche le moment d'inertie I puisse être décomposée en un certain nombre de figures qui lui soient inversement ou directement semblables; en exprimant, à l'aide de la relation obtenue en premier lieu, les moments d'inertie de ces figures partielles en fonction de I, puis, en écrivant que la somme de ces moments partiels égale I, on obtient une formule qui donne le moment d'inertie cherché.

La méthode est immédiatement applicable au triangle, car, en joignant les milieux des côtés de cette figure, on la décompose en quatre triangles dont un est inversement semblable et trois directement semblables au triangle primitif. D'une manière analogue on décompose un prisme triangulaire en huit petits prismes, dont deux inversement semblables et six directement semblables au prisme primitif. Enfin, un parallélipipède peut être décomposé en huit solides, qui lui sont directement semblables, par trois plans parallèles à ses faces menés par le centre. Ajoutons que cette méthode permet de calculer les valeurs des expressions $\Sigma s\delta^3$, $\Sigma s\delta^4$, etc., ainsi que les produits d'inertie.

Moments d'inertie des polygones.

LEMME. — *Si l'on considère dans un plan deux figures* F *et* F′, *inversement ou directement semblables, leurs moments d'inertie* I, I′ *par rapport à une droite quelconque* D *du plan satisfont la relation*

$$I' = k^2 \{ k^2 I + S(y_0'^2 - k^2 y_0^2) \}, \qquad (1)$$

formule dans laquelle S *est la surface de* F, k *le rapport de similitude de* F′ *à* F, y_0 *et* y_0' *les distances à* D *des centres de gravité de* F *et* F′.

Menons (fig. 1) par les centres de gravité des deux figures des parallèles x, x', à D. Si i est le moment d'inertie de F par rapport à x, celui de F′ par rapport à x' sera $k^4 i$, car l'élément superficiel homologue de s est $k^2 s$ et le *carré* de la distance de cet élément à l'axe se trouve multiplié par k^2.

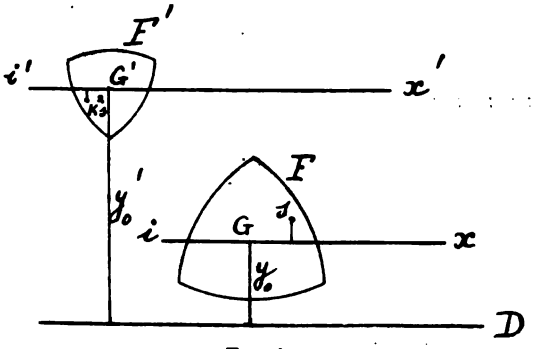


Fig. 1.

Un théorème connu donne :

$$I = i + Sy_0^2$$
$$I' = k^4 i + k^2 S y_0'^2.$$

En éliminant i entre ces relations, on obtient la formule (1).

Théorème I. — *Le moment d'inertie d'un triangle par rapport à une droite quelconque de l'espace égale le produit du tiers de sa surface par la somme des carrés des milieux de ses côtés à la droite.*

a) Nous supposons d'abord la droite dans le plan du triangle; pour faciliter le langage, prenons-la comme axe de x; soit S la surface du triangle, I le moment cherché, y_0 l'ordonnée du centre de gravité, a, b, c les ordonnées des milieux des côtés. Décomposons la figure en quatre triangles en joignant ces milieux (fig. 2).

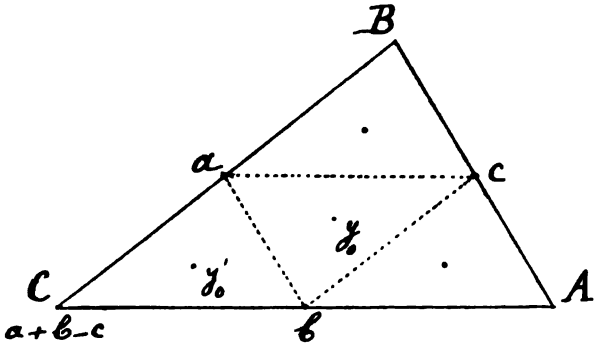


Fig. 2.

L'ordonnée du sommet C sera $a + b - c$ et, par conséquent, celle du centre de gravité du triangle partiel ayant un sommet en C sera

$$y_0' = \frac{2a + 2b - c}{3}.$$

La formule (1), dans laquelle $k = \frac{1}{2}$, donne

$$16 I' = I + S(4y_0'^2 - y_0^2),$$

et le moment du triangle partiel ayant un sommet en C sera donné par

$$16i_1 = I + S\left\{\frac{4}{9}(2a + 2b - c)^2 - y_0^2\right\};$$

par analogie,

$$16i_2 = I + S\left\{\frac{4}{9}(2b + 2c - a)^2 - y_0^2\right\}$$

$$16i_3 = I + S\left\{\frac{4}{9}(2a + 2c - b)^2 - y_0^2\right\};$$

pour le triangle central, $y_0' = y_0$, et

$$16i_4 = I + 3Sy_0^2.$$

En additionnant ces quatre égalités membre à membre, on obtient

$$I = \frac{S}{3}(a^2 + b^2 + c^2). \qquad (2)$$

b) Supposons à présent que la droite par rapport à laquelle on cherche le moment d'inertie ne soit pas dans le plan du triangle.

Observons que le lemme démontré en premier lieu subsiste évidemment, lorsque les moments d'inertie sont pris par rapport à un plan et que la démonstration donnée ci-dessus pour la valeur du moment d'inertie du triangle, subsiste aussi lorsque ce moment est pris par rapport à un plan. Si donc, par la droite, prise pour axe des x, nous menons deux plans coordonnés rectangulaires, on aura, en désignant par y, z les coordonnées du point milieu d'un côté,

$$I_{xz} = \frac{S}{3}(y^2 + y'^2 + y''^2)$$

$$I_{yz} = \frac{S}{3}(z^2 + z'^2 + z''^2);$$

puis, en ajoutant,

$$I = \frac{S}{3}(a^2 + b^2 + c^2).$$

COROLLAIRE. — *Le moment d'inertie polaire d'un triangle par rapport à un point quelconque de l'espace égale le produit du tiers de sa surface par la somme des carrés des distances du point considéré aux milieux des côtés du triangle.*

THÉORÈME II. — *Le moment d'inertie d'un polygone régulier, par rapport à une droite de son plan passant par le centre, est*

$$I = \frac{S}{24}(6R^2 - c^2),$$

formule dans laquelle c *est le côté.* S *la surface du polygone et* R *le rayon du cercle circonscrit.*

En effet, décomposons le polygone en n triangles ayant un sommet au centre et pour bases les côtés du polygone, triangles dont le moment d'inertie polaire par rapport au centre est, d'après le corollaire précédent,

$$i_0 = \frac{S}{5n}\left(\frac{1}{2}R^2 + r^2\right).$$

r étant l'apothème. On en déduit, pour le moment polaire du polygone,

$$I_0 = ni_0 = \frac{S}{12}(6R^2 - c^2).$$

Or, comme les moments d'inertie par rapport à deux diamètres quelconques sont égaux (l'ellipse d'inertie se réduisant à un cercle), il vient

$$I = \frac{1}{2}I_0 = \frac{S}{24}(6R^2 - c^2).$$

COROLLAIRES. — I. *Le moment d'inertie d'un polygone régulier par rapport à une droite passant par son centre, et faisant un angle α avec la normale à ce plan, est*

$$I = \frac{S}{24}(6R^2 - c^2)(1 + \cos^2\alpha).$$

II. En faisant $c = 0$, on obtient pour le *moment d'inertie du cercle,*

$$I = \frac{1}{4}\pi R^4(1 + \cos^2\alpha).$$

Moment d'inertie d'un polygone quelconque par rapport à une droite de son plan.

Prenons la droite pour axe des x. Pratiquement, pour chercher le moment d'inertie d'un polygone, il suffira de décomposer ce dernier en triangles, de mesurer les surfaces de ces triangles, ainsi que les ordonnées des points milieu de leurs côtés, puis d'appliquer à chaque triangle la formule (2).

Pour obtenir le moment d'inertie en fonction des coordonnées des som-

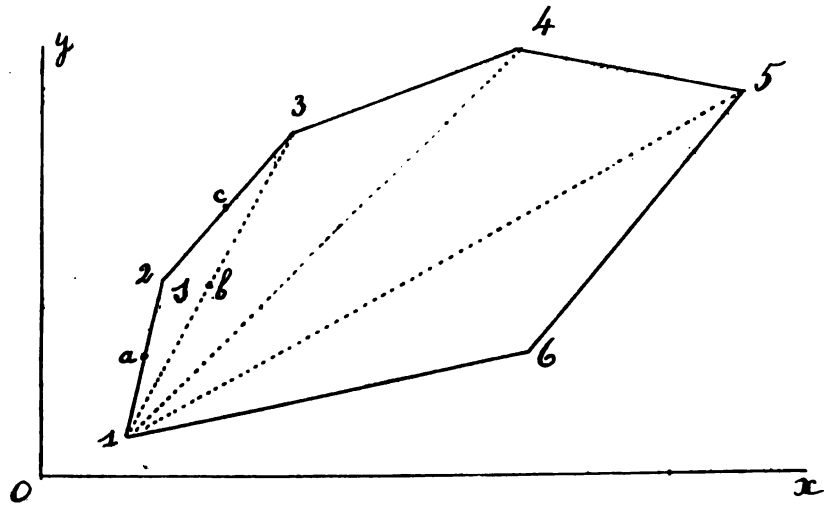


FIG. 3.

mets, joignons (fig. 3) le sommet $1(x_1, y_1)$ aux autres sommets; le moment d'inertie du triangle 123 sera

$$i = \frac{s}{12}\{(y_1 + y_2)^2 + (y_1 + y_3)^2 + (y_2 + y_3)^2\},$$

et le moment total sera donné par

$$\begin{aligned} 24I_x = &\{x_1(y_2 - y_3) + x_2(y_1 - y_3) + x_3(y_2 - y_1)\}\{(y_1 + y_2)^2 + (y_1 + y_3)^2 + (y_2 + y_3)^2\} \\ &+ \{x_1(y_4 - y_3) + x_3(y_1 - y_4) + x_4(y_3 - y_1)\}\{(y_1 + y_3)^2 + (y_1 + y_4)^2 + (y_3 + y_4)^2\} \\ &+ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \end{aligned}$$

Le calcul direct de cette expression serait complexe, mais on peut écrire le résultat immédiatement, en observant que la formule doit être symétrique par rapport aux coordonnées des différents sommets et que le terme en x_2 se trouve tout entier dans la partie écrite en première ligne, vu que le sommet 2 n'intervient plus dans la suite des calculs. Ce terme est

$$x_2(y_1 - y_3)\{(y_1 + y_2)^2 + (y_1 + y_2)^2 + (y_2 + y_3)^2\}.$$

Par conséquent,

$$I_x = \frac{1}{24}\sum_{p=1}^{n} x_p(y_{p-1} - y_{p+1})\{(y_{p-1} + y_p)^2 + (y_p + y_{p+1})^2 + (y_{p-1} + y_{p+1})^2\}, \qquad (3)$$

formule dans laquelle n représente le nombre de côtés du polygone et dans le développement de laquelle y_0 et y_{n+1} doivent être remplacés respectivement par y_n et y_1.

Remarque. — Comme en faisant avancer l'axe des y parallèlement à lui-même, I_x doit rester constant, le second membre de la formule (3) doit rester inaltéré lorsqu'on y remplace x_p par $x_p + d$, d étant une constante quelconque, ce qui exige que

$$\sum_{p=1}^{n}(y_{p-1} - y_{p+1})\{(y_{p-1} + y_p)^2 + (y_p + y_{p+1})^2 + (y_{p-1} + y_{p+1})^2\} = 0.$$

Moments d'inertie des polyèdres.

LEMME. — *Si l'on considère deux solides* P *et* P', *inversement ou directement semblables, leurs moments d'inertie* I *et* I' *par rapport à un plan quelconque* Q *satisfont à la relation*

$$I' = k^5\{k^2 I + V(y_0'^2 - k^2 y_0^2)\}, \qquad (4)$$

formule dans laquelle V *est le volume de* P, k *le rapport de similitude de*

(*) On peut aussi écrire

$$I_x = \frac{1}{12}\sum_{p=1}^{n} x_p\{y_p^3(y_{p-1} - y_{p+1}) + y_p(y_{p-1}^2 - y_{p+1}^2) + y_{p-1}^3 - y_{p+1}^3\}.$$

P' *à* P, y_0 *et* y'_0 *les distances respectives à* Q *des centres de gravité de ces polyèdres.*

Même démonstration que pour le lemme relatif aux moments d'inertie des polygones plans.

THÉORÈME III. — *Le moment d'inertie d'un parallélipipède par rapport à une droite quelconque de l'espace égale le produit du sixième de son volume par la somme des carrés des perpendiculaires menées sur la droite par les centres des faces du parallélipipède.*

a) Proposons-nous d'abord de chercher le moment d'inertie par rapport à un *plan* d'un parallélipipède dans lequel on donne le volume, les ordonnées (distances au plan) *a*, *b*, *c* de trois sommets d'une face et l'ordonnée y_0 du centre de gravité. Partageons le solide en huit parallélipipèdes directement semblables au proposé par trois plans menés parallèlement aux faces du solide par son centre. La formule (4), dans laquelle $k = \frac{1}{2}$, donne, pour le moment d'inertie d'un de ces petits parallélipipèdes,

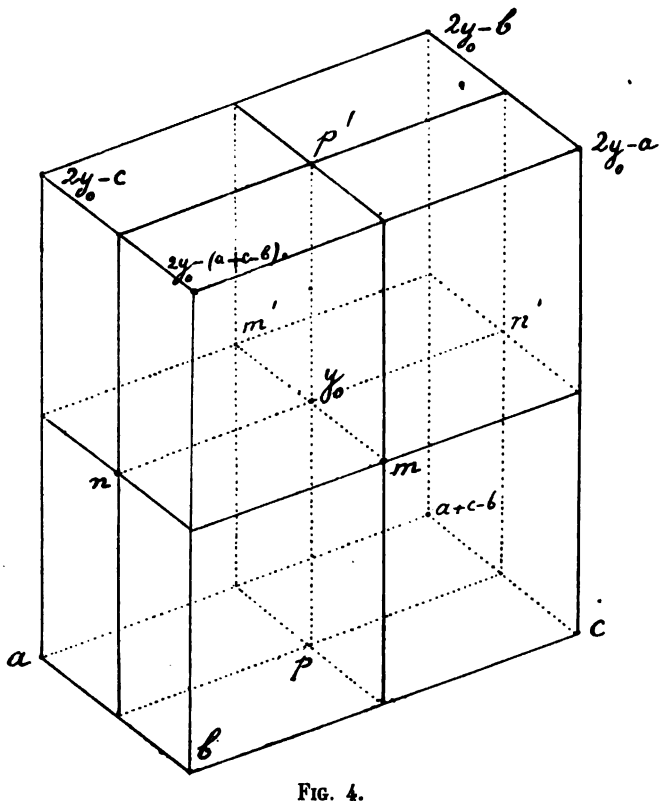


FIG. 4.

$$32I' = I + V(4y_0'^2 - y_0^2). \quad (4)'$$

Les centres de gravité des quatres parallélipipèdes inférieurs ont pour ordonnées (fig. 4)

$$\frac{1}{2}(y_0 + a), \frac{1}{2}(y_0 + b), \frac{1}{2}(y_0 + c), \frac{1}{2}(y_0 + a + c - b);$$

les ordonnées des centres de gravité des parallélipipèdes supérieurs sont

$$\frac{1}{2}(3y_0 - a),\ \frac{1}{2}(3y_0 - b),\ \frac{1}{2}(3y_0 - c),\ \frac{1}{2}\big(3y_0 - (a + c - b)\big),$$

de sorte que les huit moments partiels vérifient les relations

$$32i_1 = I + V(2ay_0 + a^2), \qquad 32i_2 = I + V(2by_0 + b^2),$$
$$32i_3 = I + V(2cy_0 + c^2), \qquad 32i_4 = I + V\{2(a + c - b)y_0 + (a + c - b)^2\},$$
$$32i_5 = I + V(8y_0^2 - 6ay_0 + a^2), \qquad 32i_6 = I + V(8y_0^2 - 6by_0 + b^2),$$
$$32i_7 = I + V(8y_0^2 - 6cy_0 + c^2), \qquad 32i_8 = I + V\{8y_0^2 - 6y_0(a + c - b) + (a + c - b)^2\}.$$

En ajoutant, il vient

$$I = \frac{V}{6}\{8y_0^2 - 2(a + c)y_0 + a^2 + b^2 + c^2 + ac - ab - bc\}. \qquad (5)$$

Si l'on désigne par m, n, p les ordonnées des centres des faces adjacentes au sommet b, on a

$$2m = 2y_0 + b - a,\ 2n = 2y_0 + b - c,\ 2p = a + c;$$

en remplaçant dans (5) a, b, c en fonction de m, n, p, la formule devient

$$I = \frac{V}{3}\{6y_0^2 - 2(m + n + p)y_0 + m^2 + n^2 + p^2\}. \qquad (6)$$

En appelant m', n', p' les ordonnées des centres des faces opposées à celles considérées en premier lieu, on a de même

$$I = \frac{V}{3}\{6y_0^2 - 2(m' + n' + p')y_0 + m'^2 + n'^2 + p'^2\}. \qquad (6)'$$

En ajoutant (6) et (6)′ et observant que

$$m + m' = n + n' = p + p' = 2y_0,$$

on obtient

$$I = \frac{V}{6}(m^2 + n^2 + p^2 + m'^2 + n'^2 + p'^2). \qquad (7)$$

b) Il est évident que la formule (7) est aussi vraie si le moment d'inertie est pris par rapport à une droite (*), ce qui démontre le théorème.

THÉORÈME IV. — *Le moment d'inertie d'un prisme triangulaire, par rapport à un plan, égale le produit du tiers de son volume par la somme des carrés des perpendiculaires menées des centres des faces latérales sur le plan et du carré de la projection sur la normale à ce plan de la demi-arête latérale du prisme.*

Soient m, n, p les ordonnées des centres des faces latérales, q et q' celles des centres des bases. Décomposons le solide en huit prismes dont deux inversement et six directement semblables au prisme considéré, comme l'indique la figure 5. L'ordonnée du point A étant $m + p - n$, on a, pour l'ordonnée du centre de gravité du prisme inférieur ayant son sommet en A,

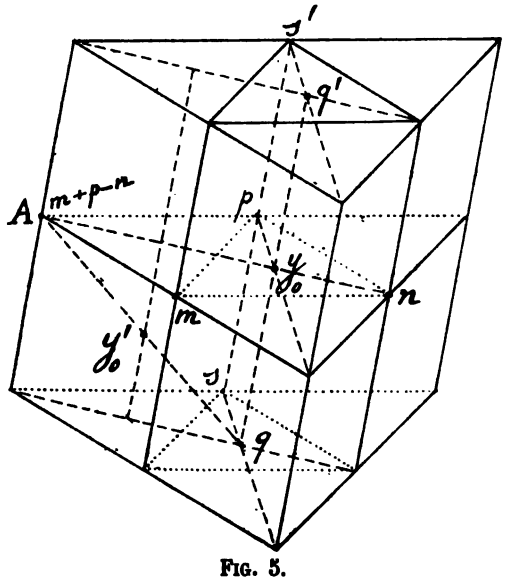


FIG. 5.

$$2y'_0 = q + m + p - n$$

et, pour le prisme central inférieur,

$$2y'_0 = q + y_0.$$

La formule (4)' donne

$$\frac{24I}{V} = (q + m + p - n)^2 + (q + m + n - p)^2 + (q + n + p - m)^2 - 3y_0^2$$
$$+ (q' + m + p - n)^2 + (q' + m + n - p)^2 + (q' + n + p - m)^2 - 3y_0^2$$
$$+ q^2 + q'^2 + 2y_0(q + q').$$

Après calculs, et en tenant compte de

$$q + q' = 2y_0, \quad m + n + p = 3y_0,$$

on obtient

$$I = \frac{V}{3}\left\{m^2 + n^2 + p^2 + \left(\frac{q - q'}{2}\right)^2\right\}. \tag{8}$$

(*) Il n'en est pas de même des formules (5) et (6), à cause des produits d'ordonnées qu'elles renferment.

Remarques. — *a*) Si le moment est pris par rapport à un plan parallèle à une face latérale du prisme, on a $q' = q$, et

$$I = \frac{V}{3}(m^2 + n^2 + p^2),$$

résultat évident d'après le théorème relatif au moment d'inertie d'un triangle par rapport à un plan. (Th. I, p. 5.)

b) *Vérification.* En décomposant un parallélipipède en deux prismes triangulaires, et en appliquant la formule (8) à ces derniers, on doit retrouver par addition l'expression relative au moment d'inertie du parallélipipède.

Effectivement, si s et s' sont les ordonnées des centres des bases du parallélipipède (fig. 5), on a

$$q - q' = s - s' \text{ et } p = \frac{s + s'}{2},$$

de sorte que, si V est le volume du parallélipipède, les moments des deux prismes triangulaires seront

$$i = \frac{V}{6}\left(m^2 + n^2 + \frac{s^2 + s'^2}{2}\right)$$
$$i = \frac{V}{6}\left(m'^2 + n'^2 + \frac{s^2 + s'^2}{2}\right)$$

et, en ajoutant,

$$I = \frac{V}{6}(m^2 + n^2 + m'^2 + n'^2 + s^2 + s'^2).$$

Moment d'inertie du prisme triangulaire par rapport à une droite et moment polaire.

Prenons la droite pour axe des x, le pôle pour origine; menons trois plans coordonnés rectangulaires et soient α, β, γ les angles que fait avec les axes l'arête latérale du prisme, arête dont la longueur est l. La formule (8) donne

$$I_{xx} = \frac{V}{3}\left(y_1^2 + y_2^2 + y_3^2 + \frac{l^2}{4}\cos^2\beta\right)$$
$$I_{xy} = \frac{V}{3}\left(z_1^2 + z_2^2 + z_3^2 + \frac{l^2}{4}\cos^2\gamma\right)$$
$$I_{yz} = \frac{V}{3}\left(x_1^2 + x_2^2 + x_3^2 + \frac{l^2}{4}\cos^2\alpha\right).$$

On en déduit

$$I_x = \frac{V}{3}\left(\delta_1^2 + \delta_2^2 + \delta_3^2 + \frac{l^2}{4}\sin^2\alpha\right),$$

$$I_0 = \frac{V}{3}\left(\rho_1^2 + \rho_2^2 + \rho_3^2 + \frac{l^2}{4}\right).$$

COROLLAIRES. — I. *Le moment d'inertie d'un prisme quelconque, par rapport à une droite, égale la somme du produit de sa hauteur par le moment d'inertie de sa base moyenne et du produit du tiers de son volume par le carré de la perpendiculaire abaissée du centre d'une base sur la parallèle menée par le centre du solide à la droite.*

En effet, dans la formule qui donne I_x, on peut observer que

$$\frac{V}{3}(\delta_1^2 + \delta_2^2 + \delta_3^2) = H.\frac{B}{3}(\delta_1^2 + \delta_2^2 + \delta_3^2) = H.I_B,$$

en désignant par I_B le moment d'inertie de la *base moyenne* du prisme triangulaire. En outre, un prisme quelconque peut être décomposé en prismes triangulaires ayant même arête latérale et même hauteur, et dont les bases moyennes constituent par leur ensemble la base moyenne du prisme considéré.

II. *Le moment d'inertie d'un prisme régulier par rapport à une droite passant par son centre et faisant un angle α avec son axe, est*

$$I = \frac{V}{12}\left\{H^2\sin^2\alpha + \frac{1}{2}(6R^2 - c^2)(1 + \cos^2\alpha)\right\},$$

formule dans laquelle H est la hauteur du prisme, c le côté de sa base et R le rayon du cercle circonscrit à celle-ci.

Cylindre. — En faisant, dans la formule précédente, $c = 0$, on obtient le moment d'inertie du cylindre par rapport à une droite passant par son centre et faisant un angle α avec son axe. On obtient les moments principaux en faisant dans la formule, successivement $\alpha = 0$ et $\alpha = \frac{\pi}{2}$; on en déduit

que *le cylindre dont la hauteur égale le côté du triangle équilatéral inscrit dans sa base, a pour surface centrale d'inertie une sphère.*

THÉORÈME V. — *Le moment d'inertie d'un tétraèdre, de volume* V, *par rapport à un plan duquel ses sommets sont distants de* y_1, y_2, y_3, y_4, *est*

$$I = \frac{V}{10}(\Sigma y_i^2 + \Sigma y_i y_k).$$

Décomposons le solide, comme le montre la figure 6, en deux tétraèdres

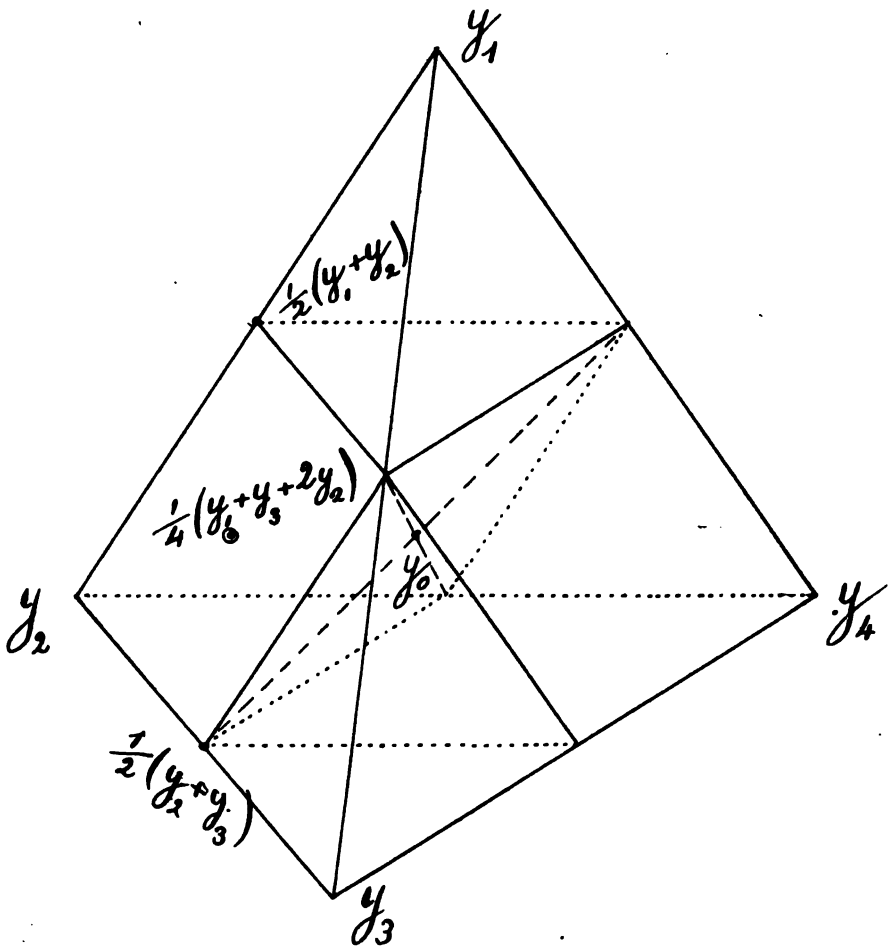


FIG. 6.

directement semblables au primitif avec $k = \frac{1}{2}$ et deux prismes de volume $\frac{3}{8}$ V, dont les distances des centres des faces au plan se calculent très aisément en

fonction des ordonnées des sommets. En posant, pour abréger,

$$y_1 + y_2 + y_3 + y_4 = 4y_0 = m, \qquad y_1 - y_2 = \delta_{12},$$

on obtient successivement pour les prismes et les pyramides, d'après les formules (8) et (4)',

$$32i_1 = \frac{V}{4}\{(m + \delta_{24})^2 + (m + \delta_{23})^2 + m^2 + \delta_{12}^2\}$$

$$32i_2 = \frac{V}{4}\{(m - \delta_{24})^2 + (m - \delta_{14})^2 + m^2 + \delta_{34}^2\}$$

$$32i_3 = I + \frac{V}{4}(4y_1^2 + 2my_1)$$

$$32i_4 = I + \frac{V}{4}(4y_2^2 + 2my_2).$$

En ajoutant ces égalités membre à membre, il vient

$$30I = \frac{V}{4}\{6m^2 + \Sigma\delta^2 + \delta_{24}^2 - \delta_{13}^2 + 4(y_1^2 + y_3)^2 + 2m(y_2 + y_4)\}.$$

Or

$$m^2 = \Sigma y_1^2 + 2\Sigma y_1 y_2,$$

$$\Sigma\delta^2 = 3\Sigma y_1^2 - 2\Sigma y_1 y_2,$$

$$\delta_{24}^2 - \delta_{13}^2 + 4(y_1^2 + y_3^2) + 2m(y_2 + y_4) = 3\Sigma y_1^2 + 2\Sigma y_1 y_2;$$

donc

$$I = \frac{V}{10}(\Sigma y_1^2 + \Sigma y_1 y_2). \qquad (9)$$

REMARQUE. — La formule (9) peut s'écrire

$$I = \frac{V}{20}(\Sigma y_1^2 + 16y_0^2). \qquad (10)$$

Il s'ensuit que :

Le moment d'inertie d'un tétraèdre, par rapport à un plan passant par son centre de gravité, égale le produit du vingtième de son volume par la somme des carrés des perpendiculaires menées sur le plan par les sommets du tétraèdre.

Moment d'inertie d'un tétraèdre par rapport à une droite ou à un point.

Ces moments se deduisent immédiatement de la formule (10)

Moment d'inertie d'une pyramide régulière.

La formule

$$I = \frac{V}{20}(\Sigma y_i^2 + 16 y_0^2)$$

peut être appliquée pour la recherche du moment d'inertie soit par rapport à une droite, soit par rapport à un plan. Soit H la hauteur de la pyramide, c le côté de la base, R le rayon du cercle circonscrit à celle-ci. Prenons pour axe des z la hauteur, pour axes des x et des y deux droites rectangulaires quelconques, normales à z et passant par le centre de gravité du solide; partageons celui-ci en n tétraèdres par des plans passant par la hauteur et par chaque arête culminante. Chaque tétraèdre aura son centre de gravité dans le plan xy, à une distance $\frac{r}{2}$ de l'axe des z, r étant l'apothème de la base. Les moments d'inertie de l'un de ces tétraèdres par rapport à z et à xy seront respectivement

$$i_z = \frac{V}{20n}(2R^2 + 4r^2),$$

$$i_{xy} = \frac{V}{20n} \cdot \frac{3}{4} H^2.$$

On en déduit

$$I_z = \frac{V}{20} 6R^2 - c^2) = 2I_{xy},$$

$$I_{xy} = \frac{3V}{80} H^2,$$

$$I_z = I_{xy} + I_{xy} = \frac{V}{40}\left(\frac{3}{2} H^2 + 6R^2 - c^2\right).$$

Vérification. — La pyramide régulière aura une surface d'inertie sphérique lorsque

$$H^2 = 4R^2 - \frac{2}{3}c^2.$$

Pour la pyramide à base triangulaire, $c = R\sqrt{3}$ et $H = R\sqrt{2}$, ce qui nous donne le *tétraèdre régulier;* or, dans ce solide, l'ellipsoïde central d'inertie se réduit évidemment à une sphère, vu que les moments d'inertie par rapport aux trois droites rectangulaires, qui joignent deux à deux les milieux des arêtes opposées, sont égaux entre eux.

Cône. — On obtiendra les moments d'inertie du cône en faisant dans les formules précédentes $c = 0$. *La surface d'inertie du cône devient sphérique lorsque la hauteur du solide égale le diamètre de sa base.*

THÉORÈME VI. — *Le moment d'inertie d'une pyramide quelconque, par rapport à un plan passant par son centre de gravité, égale le produit du cinquième de sa hauteur par le moment d'inertie de sa base.*

Traçons la droite qui joint le sommet de la pyramide à son centre de gravité et décomposons le solide en tétraèdres par des plans conduits par cette droite et par chaque arête culminante. Soit y l'ordonnée du sommet de la pyramide par rapport à un plan *quelconque*, y_0 celle de son centre de gravité. Si y_1, y_2, y_3 sont les ordonnées des sommets de la base de l'un de ces tétraèdres (*), la formule (9) donne, pour le moment d'inertie de ce tétraèdre,

$$i_1 = \frac{v_1}{10}(y_1^2 + y_2^2 + y_3^2 + y_1y_2 + y_1y_3 + y_2y_3) + \frac{v_1y}{10}(y + y_1 + y_2 + y_3).$$

Si l'on désigne par Y_1, Y_2, Y_3 les ordonnées des milieux des côtés de la base du tétraèdre et par y_0' celle du centre de gravité de cette base, comme la première parenthèse représente $2\Sigma Y_1^2$, il vient

$$i_1 = \frac{H}{5}\cdot\frac{s_1}{3}\Sigma Y_1^2 + \frac{2y}{5}\cdot v_1y_0'.$$

(*) L'un de ces sommets se trouve au centre de gravité de la base de la pyramide totale.

Or, $\frac{s_1}{5}\Sigma Y_1^2$ représente le moment d'inertie de la base du tétraèdre; donc, en sommant, il vient

$$I = \frac{1}{5}(H.I_B + 2y\Sigma v_1 y_0').$$

Comme

$$\Sigma v_1 y_0' = V y_0,$$

la formule devient

$$I = \frac{1}{5}(H.I_B + 2Vyy_0).$$

Si le plan passe par le centre de gravité (*) de la pyramide, $y_0 = 0$ et l'on tombe sur la propriété énoncée ci-dessus.

Observation. — Les moments d'inertie principaux de la pyramide régulière sont donnés immédiatement par le théorème qui précède. Effectivement on retrouve

$$I_{xy} = \frac{3V}{80}H^2, \; I_{xx} = \frac{V}{40}(6R^2 - c^2).$$

Moments d'ordre supérieur.

Le principe qui nous a servi à calculer $\Sigma s\delta^2$ pour un polygone, ou $\Sigma v\delta^2$ pour un polyèdre, peut servir à calculer les expressions de la forme $\Sigma s\delta^n$. Je donnerai, comme exemple, le calcul de la somme des produits que l'on obtient en multipliant chaque élément superficiel d'un triangle par le cube de sa distance à une droite fixe du plan, somme que nous représenterons par I_3.

Lemme. — *Relation entre les* I_3, *relatifs à une même droite du plan, de deux figures directement ou inversement semblables* $F' = kF$.

En désignant respectivement par i_3 et i_2 les moments d'ordre trois et deux, de la figure F par rapport à la parallèle x menée par son centre de gravité

(*) La même propriété subsiste pour $y = 0$, c'est-à-dire pour un plan passant par un sommet de la pyramide.

à la droite (voir fig. 1), ceux de F′ par rapport à x' sont, dans le cas où la similitude est directe, $k^5 i_3$ et $k^4 i_2$. On aura donc

$$I_3 = i_3 + 3y_0 i_2 + Sy_0^3$$
$$I'_3 = k^5 i_3 + 3y'_0 k^4 i_2 + k^2 Sy_0^2;$$

puis, en éliminant i_3,

$$\frac{I'_3 - k^5 I_3}{k^2(y'_0 - ky_0)} = 3k^3 i_2 + S(y_0'^2 + k^2 y_0^2 + ky_0 y'_0).$$

Mais

$$i_2 = I_2 - Sy_0^2;$$

donc

$$\frac{I'_3 - k^5 I_3}{k^2(y'_0 - ky_0)} = 3k^3 I_2 + S(y'_0 - ky_0)(y'_0 + 2ky_0). \qquad (11)$$

Si les figures sont inversement semblables, le moment d'ordre trois de F′ par rapport à x' sera $-k^5 i_3$, tandis que le moment du second ordre reste $k^4 i_2$; en remplaçant k par $-k$ dans la formule (11), on obtient, pour les figures inversement semblables, la relation

$$\frac{I'_3 + k^5 I_3}{k^2(y'_0 + ky_0)} = 3k^3 I_2 + S(y'_0 + ky_0)(y'_0 - 2ky_0). \qquad (11)'$$

Moment d'ordre trois d'un triangle par rapport à une droite de son plan.

Décomposons le triangle, comme le montre la figure 2, en quatre triangles. Les relations obtenues dans le lemme précédent, deviennent dans notre cas :

$$32I'_3 - I_3 = (2y'_0 - y_0)\{3I_2 + 2S(2y'_0 - y_0)(y'_0 + y_0)\},$$
$$32I'_3 + I_3 = (2y'_0 + y_0)\{3I_2 + 2S(2y'_0 + y_0)(y'_0 - y_0)\}.$$

La seconde relation s'applique au triangle partiel central, pour lequel,

en outre, $y'_0 = y_0$. Pour le triangle partiel ayant un sommet en C, $y'_0 = \frac{2a + 2b - c}{3}$; on obtient

$$\begin{aligned}
32I'_3 &- I_3 = (a + b - c)\{3I_2 + 2S(a + b - c)(a + b)\}\\
32I''_3 &- I_3 = (a + c - b)\{3I_2 + 2S(a + c - b)(a + c)\}\\
32I'''_3 &- I_3 = (b + c - a)\{3I_2 + 2S(b + c - a)(b + c)\}\\
32I^{IV}_3 &+ I_3 = (a + b + c).3I_2.
\end{aligned}$$

En ajoutant, il vient

$$30I_3 = 6(a + b + c)I_2 + 4S\{(a + b + c)(a^2 + b^2 + c^2) - 6abc\}.$$

Comme

$$I_2 = \frac{S}{3}(a^2 + b^2 + c^2),$$

on obtient

$$I_3 = \frac{S}{5}\{(a + b + c)(a^2 + b^2 + c^2) - 4abc\}.$$

Produits d'inertie.

Les quantités de la forme Σsxy, x et y étant les coordonnées de l'élément superficiel par rapport à deux axes rectangulaires, s'obtiennent par la même méthode.

Je me contenterai d'énoncer et de démontrer ici la propriété relative au produit d'inertie d'un triangle.

THÉORÈME VII. — *Le produit d'inertie d'un triangle égale le produit du tiers de sa surface par la somme des produits des coordonnées de chaque point milieu d'un de ses côtés.*

D'abord, si P et P′ sont les produits d'inertie de deux figures F, F′ direc-

tement ou inversement semblables, on a, en conservant les mêmes notations et opérant comme précédemment,

$$P' = k^4 P + k^2 S(x'_0 y'_0 - k^2 x_0 y_0) \text{ (*)},$$

et, pour $k = \frac{1}{2}$,

$$16P' - P = S(4x'_0 y'_0 - x_0 y_0).$$

En appliquant cette formule aux quatre triangles partiels de la figure 2, et en désignant par x_1, y_1 les coordonnées du point milieu d'un côté, il vient

$$16P' - P = S\left\{\frac{4}{9}(2x_1 + 2x_2 - x_3)(2y_1 + 2y_2 - y_3) - x_0 y_0\right\}$$

$$16P'' - P = S\left\{\frac{4}{9}(2x_1 + 2x_3 - x_2)(2y_1 + 2y_3 - y_2) - x_0 y_0\right\}$$

$$16P''' - P = S\left\{\frac{4}{9}(2x_2 + 2x_3 - x_1)(2y_2 + 2y_3 - y_1) - x_0 y_0\right\}$$

$$16P^{IV} - P = 3Sx_0 y_0.$$

En ajoutant, on obtient

$$P = \frac{S}{27}\Sigma(2x_1 + 2x_2 - x_3)(2y_1 + 2y_2 - y_3),$$

et enfin

$$P = \frac{S}{3}(x_1 y_1 + x_2 y_2 + x_3 y_3).$$

(*) En menant par les centres de gravité des deux figures des systèmes d'axes t, t' parallèles aux axes donnés, si x, y sont les coordonnées relatives au système t d'un élément de F, celles de l'élément homologue de F' relatives au système t' seront (kx, ky) ou $(\overline{kx}, \overline{ky})$ suivant que les figures sont directement ou inversement semblables; donc, dans les deux cas, si p est le produit d'inertie de F par rapport à t, celui de F' par rapport à t' sera $k^4 p$.

III.

ÉTUDES

SUR DES

GASTROPODES PULMONÉS

PAR

Paul PELSENEER
Membre correspondant de l'Académie royale de Belgique.
Gand.

(Présenté à la Classe des sciences dans la séance du 5 janvier 1901)

AVANT-PROPOS

—

Le groupe des Gastropodes Euthyneures Pulmonés n'est pas aussi homogène qu'on l'a cru pendant longtemps. Il présente, au point de vue de l'organisation, une grande variété de formes.

Malheureusement, la difficulté d'obtenir, en bon état, la plupart des nombreux genres exotiques rend encore impossible une investigation phylogénétique détaillée de ce groupe, pour laquelle j'avais depuis longtemps cherché à amasser des matériaux.

Le cadre du présent travail en a été forcément restreint. Il consiste donc en une plus modeste étude sur divers points de morphologie générale et spéciale des Pulmonés et, dans certains cas, de tous les Euthyneures — points énumérés dans le sommaire ci-dessous.

Toutefois, le côté phylogénétique n'a pas été laissé entièrement de côté. En effet, les zoologistes ne sont pas d'accord sur les limites précises du groupe des Pulmonés; la question de ces limites a pu être abordée, les formes litigieuses [1] sur les affinités desquelles l'accord n'est pas réalisé ayant pu être étudiées.

Une très grande partie du matériel utilisé m'a été procuré par divers confrères qui ont bien voulu s'intéresser à mes recherches : MM. Dautzenberg (Paris), Hedley (Sidney), Jentinck (Leiden), H. von Jhering (Sao Paulo, Brésil), Léger (Grenoble), Massart (Bruxelles), Nobre (Porto), Pruvot et Racovitza (Banyuls), Purdie (Sale, Victoria), Suter (Christchurch, New Zealand), J. W. Taylor (Leeds), — auxquels j'adresse mes meilleurs remerciements pour cette obligeante collaboration.

Décembre 1900.

[1] Notamment les formes dites « Pulmonés marins » : *Basommatophora* (Auriculidae, Amphibolidae, Siphonariidae) et *Stylommatophora* (Oncidiidae).

SOMMAIRE

I. — PARTIE SPÉCIALE [1].

Pages.

1. Otina 5
2. Amphibola 8
3. Siphonaria 9
4. Gadinia 10
5. Latia 15
6. Gundlachia 18
7. Neohyalimax 19
8. Oncidiella 20
9. Vaginula 23

II. — PARTIE GÉNÉRALE.

1. Système nerveux 28
   a) Homologies cérébrales 28
   b) Osphradium 40
   c) Commissures pédieuses 43
   d) Commissure viscérale, ganglion pariétal et détorsion des Euthyneures . . 45

2. Système respiratoire 50
   a) Rudimentation de la cavité palléale 50
   b) Pulmonés à branchie 50
   c) Position systématique des *Siphonariidae* et des *Ancylidae* 52

3. Système digestif 55
   a) Lobes du foie 55
   b) Cæcum pylorique 57

4. Système excréteur 57
   a) Rein définitif 57
   b) Reins larvaires 58

5. Système reproducteur 60
   Triaulie du conduit génital 60

6. Quelques remarques sur la phylogénie des pulmonés 64

III — RÉSUMÉ. 67

[1] Outre les genres ici énumérés, ont été étudiés aussi dans le présent travail : *Alexia* (= *Auricula* (deux espèces), *Chilina Muelleri*, *Ancylus* (deux espèces), *Bulinus tabulatus*, *Planorbis corneus*, *Limnaea stagnalis* (adulte et larvaire), *Amphipeplea glutinosa* (système nerveux), *Physa fontinalis*, *Buliminus obscurus*, *Rumina decollata*, *Stenogyra mamillata* (adulte et larvaire). *Achatina sp.* (système nerveux), *Clausilia biplicata* (adulte) et *C. sp.* (larvaire), *Helix aspersa* (adulte et larvaire), *Hyalinia cellaria* et *excavata*, *Parmacella Valenciennesi Limax cinerea*, *Urocyclus Madagascarensis*, *Athoracophorus Græffei*, plus quelques Opisthobranches (surtout *Actæon*), Céphalopodes et Annélides (centres cérébraux du système nerveux).

ÉTUDES

SUR DES

GASTROPODES PULMONÉS

PREMIÈRE PARTIE

I. — OTINA [1].

1. Conformation extérieure. — Tête à voile labial bien développé, tentacules assez voisins de la ligne médiane, réduits chacun à une saillie hémisphérique, portant un œil vers le côté extérieur (fig. 1, 2, 3).

Pied divisé transversalement, comme chez *Melampus*, *Pedipes*, *Leuconia*, par un sillon permanent (fig. 2, *si. p.*).

Ouverture palléale ou « pulmonaire » assez étroite et placée très en arrière (fig. 2, *pns.*)

2. Système nerveux (fig. 5). — Ganglions cérébraux situés en avant du bulbe buccal, comme chez *Auricula*, réunis par une commissure assez

[1] L'espèce étudiée est *Otina otis* Turton, provenance : Plymouth, dans les racines de *Lichina pygmaea*, souvent en compagnie de *Lasaea rubra*, donc vers la limite supérieure de la marée, à 2 mètres sous le niveau des plus hautes mers.

allongée et présentant un gros lobe latéral sans cavité intérieure (fig. 8, *lo. l.*). Ganglions pédieux non accolés l'un à l'autre. Ganglions pleuraux accolés aux cérébraux (fig. 5, *g. pl.*).

La commissure viscérale est longue, avec un gros ganglion abdominal en arrière, un peu à gauche de la ligne médiane (et situé un peu en avant du milieu du corps); ce centre donne deux gros nerfs : de sa partie droite, un tronc dirigé en arrière — c'est le nerf génital, — et de sa partie gauche, un nerf allant vers la droite, — c'est le nerf palléal, — innervant le lobe placé sous l'ouverture palléale.

En avant, et à gauche de la commissure viscérale, contre le pleural, est un petit ganglion pariétal (fig. 5, *g. pa.*), et à droite, un peu séparé du pleural, un assez gros ganglion supra-intestinal, innervant le manteau; il n'a pas été vu de trace d'osphradium.

Les ganglions stomato-gastriques ne sont pas accolés; les connectifs cérébraux qui y mènent sont assez courts.

3. **Système digestif.** — Il y a une mandibule impaire, située dorsalement et écailleuse (fig. 7, *ma.*). Le bulbe buccal est allongé (fig. 7, *bu.*); les glandes salivaires sont longues, mais non ramifiées (fig. 7, *gl. s.*).

L'œsophage, fort long, mène dans un estomac globuleux, un peu musculeux dans sa partie postérieure (fig. 7, *mus. s.*; 4, *st.*), et placé tout en arrière du corps. Il reçoit les conduits de deux lobes hépatiques : un *grand*, en avant, débouchant au dos de l'extrémité de l'œsophage; un *petit*, en arrière, ventralement et vers la droite (fig. 8, *hep'.*). Ce dernier lobe est celui qui s'étend dans la spire, ou lobe *morphologiquement gauche.*

L'intestin naît à la partie antérieure de l'estomac; il est replié deux fois en arrière et deux fois en avant, au-dessus de l'œsophage, entre les « lobes » du foie antérieur ou droit (fig. 7, *in.*). L'anus s'ouvre à droite, en arrière, au bord postérieur de l'orifice pulmonaire.

4. **Système circulatoire.** — Le cœur est situé au côté gauche, en avant, à peu près transversalement (fig. 6, *aur. ven.*), l'oreillette étant seulement un peu plus en avant que le ventricule.

Clark décrit une branchie [1]. En réalité, il n'y en a aucune; *Otina* placé dans l'eau s'en échappe toujours [2]; sa respiration est aérienne, et sa cavité palléale toujours entièrement pleine d'air. La forme de ce poumon est convexe en avant, concave en arrière, terminée par deux pointes latérales postérieures. Son plafond est peu vascularisé.

5. **Système excréteur.** — Le rein, disposé transversalement, occupe une grande partie du plafond de la cavité palléale (fig. 6, *r.*); il s'étend même en avant au-dessus du péricarde : le cœur est ainsi entouré des deux côté par le rein, comme dans *Pythia* (Auriculide)[3]. Ce rein est baigné par une grande partie du sang que la veine pulmonaire ramène au cœur (fig. 3, *ve. p.*). Il n'y a pas d'uretère secondaire. L'orifice extérieur est à droite.

6. **Système reproducteur** (fig. 9). — La glande génitale hermaphrodite est située en arrière, en partie dans le tortillon (fig. 2, *gl. g.*); elle s'étend plus en avant au côté droit. Le conduit génital hermaphrodite prend naissance de ce côté, par la réunion des conduits des divers lobules de la glande; après s'être replié une fois en arrière et une fois en avant, il présente une grosse glande albuminipare (fig. 9, *gl. a.*), et immédiatement devant celle-ci une glande muqueuse (*gl. m.*) avec une annexe antérieure (*gl. m'.*). Après cette dernière, le conduit hermaphrodite envoie à gauche, dorsalement, un fin canal terminé par une vésicule séminale (*ve. s.*), comme chez *Chilina;* puis, se continuant en avant, *il se bifurque* (contrairement aux Auriculides connus [*Auricula* et *Pythia*], où il n'y a pas d'orifice femelle spécial et où le spermiducte commence seulement à l'orifice hermaphrodite).

En se bifurquant, il donne dorsalement un spermiducte (*sp.*) et ventrale-

[1] Clark, *A History of the British marine testaceous Mollusca*, p. 295 : « The doubtful » branchial plume lies under the centre of the mantle, evidenced by apparent pectinations, » but the exact form escaped observation. »

[2] Ce que Clark connaissait d'ailleurs : « The animals... in basins of water always made » their way out of them and fixed themselves to a dry spot. » (*Loc. cit.*, p. 295.)

[3] Plate, *Ueber primitive und hochgradige differenzierte Lungenschnecken* (Verhandl. deutsch. zool. Gesellsch., 1897, p. 126).

ment, un oviducte (fig. 9, *ovi.*, fig. 6, *ovi.*). Peu après sa naissance, ce dernier reçoit le conduit, presque court, menant à la poche copulatrice à parois assez épaisses, puis il s'ouvre au côté droit, mais très en avant, sous l'angle postérieur du voile céphalique (fig. 2, *o. f.*).

Quant au spermiducte, clos sur toute sa longueur, il se prolonge jusque dans la partie tout à fait antérieure de la tête, cheminant au dos de l'oviducte (fig. 6 et 8, *sp.*) sans glande accessoire mâle; il se termine en avant (vers le coin droit de la tête, sous le voile) par un pénis invaginable, dont le muscle rétracteur passe au dos du bulbe buccal (fig. 9, *ret. p.* et fig. 8, *ret. p.*). Le caractère essentiel de cet appareil reproducteur est la situation très antérieure de l'orifice femelle, non loin de l'ouverture mâle, contrairement aux autres Auriculides et aux Limnéens[1].

II. — AMPHIBOLA[2].

J'ai déjà autrefois[3] donné divers détails sur l'organisation de ce genre. Je me bornerai donc aujourd'hui à quelques nouvelles observations sur la cavité palléale et sur certaines parties des organes respiratoires et circulatoires.

Alors que Quoy et Gaimard[4] avaient déjà reconnu que *Amphibola* (= *Ampullacera*) est dépourvu de branchie et doit appartenir au groupe des Pulmonés, — néanmoins, Mac Donald, en diverses occasions[5] et von Jhering[6] attribuent une branchie à ce genre, et leur assertion a été reproduite dans le traité classique de Korschelt et Heider[7].

[1] On sait cependant que ces deux orifices sont plus rapprochés encore dans d'autres *Basommatophora* (les Amphibolidae), où ils sont confondus en un cloaque commun.

[2] L'espèce étudiée est *A. nux avellana*, origine : Nouvelle-Zélande.

[3] Pelseneer, *Recherches sur divers Opisthobranches* (Mém. cour. Acad. Belgique, t. LIII, pp. 78-81, fig. 213-220).

[4] Quoy et Gaimard, *Zoologie du voyage de l'Astrolabe*, t. II, p. 198.

[5] Mac Donald, *Observations on the natural affinities and classification of Gasteropoda* (Ann. Mag. Nat. Hist., sér. 2, vol. XIX, 1857, p. 405), et *On the natural classification of Gasteropoda* (Journ. Linn. Soc. London Zool.), vol. XV, 1880, p. 160.

[6] von Jhering, *Vergleichende Anatomie des Nervensystemes und Phylogenie der Mollusken*, p. 220.

[7] Korschelt und Heider, *Lehrbuch der Entwicklungsgeschichte der Wirbellosen Thiere*, p. 1053.

Bouvier [1] suppose qu'il existe « une branchie rudimentaire, dont les » connexions avec le cœur auraient été altérées... » — Or le plafond de la cavité palléale (fig. 10) ne présente aucune trace de branchie. Ce qui, *à droite du rectum*, a été appelé « branchie rudimentaire » par Bouvier, consiste en plissements ciliés du plafond pulmonaire ; ces plissements (fig. 11) n'ont réellement ni la conformation ni la structure d'une branchie (si rudimentaire qu'elle puisse être), pas plus qu'ils n'ont les rapports morphologiques d'une cténidie, puisqu'ils se trouvent à droite du rectum et non dans la région cténidiale : cette dernière est donc *nue*.

Quant à la veine venue de cette région (veine « cténidale » : fig. 10, *ve. c.*), comme dans *Siphonaria* et dans *Gadinia* (fig. 14, *co.*), elle se joint à la veine rénale afférente (fig. 12, *ve. r.*) pour arriver à l'oreillette. A ce caractère s'ajoute encore celui d'un cœur « prosobranche » (fig. 10, *co.*) commun à ces deux derniers genres et aux Pulmonés en général.

III. — SIPHONARIA [2].

Ce genre a été bien étudié par Köhler [3]. Il n'y a donc pas lieu de refaire une description de son organisation. Mais Köhler n'ayant pas comparé celle-ci à celle des formes les plus voisines (*Gadinia*, *Amphibola*), il en est résulté qu'il a rangé *Siphonaria* parmi les Opisthobranches Tectibranches.

Or, si l'on étudie les *Siphonaria* comparativement aux Pulmonés Basommatophores, on arrivera à des conclusions tout autres.

Siphonaria possède la glande pédieuse de ces derniers (fig. 13, *gl. p.*).

Le système nerveux, très concentré, est conformé exactement comme celui des *Ancylidæ ;* outre les deux ganglions cérébraux et les deux pédieux, on y voit trois centres : celui de gauche, formé du pleural gauche et du

[1] Bouvier, *Sur l'organisation des Amphiboles* (Bull. Soc. Phil. Paris, sér. 8, t. IV, p. 147).

[2] Espèces étudiées : *S. Algesirae*, Quoy et Gaimard, provenance : Portugal ; *S. Lessoni*, Gray, provenance : détroit de Magellan.

[3] Köhler, *Beiträge zur Anatomie der gattung Siphonaria* (Zool. Jahrb. [Anat. und Ontog.], Bd VII).

pariétal; celui du centre, renfermant les infra-intestinal et abdominal; celui de droite, composé du supra-intestinal et du pleural droit. Cette disposition ne s'observe dans aucun Tectibranche.

L'osphradium (fig. 96, *osp.*) a la situation caractéristique de cet organe chez les Pulmonés.

Les yeux [1] sont couverts par une lacune précornéenne, généralement répandue dans les Basommatophores.

La détorsion des Euthyneures se manifeste d'une façon sensible dans l'orientation du bulbe buccal et de l'œsophage, dont la moitié droite se trouve ramenée moins haut que l'autre (fig. 96).

Les lobes du foie sont disposés comme chez *Otina* et *Gadinia :* le plus petit est celui qui est logé dans le sommet de la coquille.

Pour ce qui concerne les organes génitaux, je puis confirmer (pour les espèces étudiées) qu'il n'y a pas de spermiducte ou « vas deferens » distinct, contrairement aux observations de Haller sur *S. gigas* [2] et de Hutton sur *S. australis* [3], déjà rectifiées par Köhler [4]. Il n'y a donc pas de doute à avoir sur ce point, d'autant plus que Hutton lui-même a constaté l'absence de spermiducte dans *S. zealandica* et *S. redimiculum* [5].

IV. — GADINIA [6].

Il n'existe sur l'organisation de ce genre qu'un travail — malheureusement sans figures — de Lacaze-Duthiers [7], portant spécialement sur le rein,

[1] Présents dans ce genre, contrairement à l'indication « no eyes » de HUTTON, *On the New Zealand Siphonariidae* (TRANS. NEW ZEALAND INSTITUTE, t. XV, p. 141).

[2] HALLER, *Die Anatomie von Siphonaria gigas* (ARB. ZOOL. INST. WIEN, Bd X).

[3] HUTTON, *Notes on the Structure and Development of Siphonaria Australis* (ANN. MAG. NAT. HIST., sér. 5, vol. IX).

[4] KÖHLER, *loc. cit.*, pp. 65 et 84.

[5] HUTTON, *On the New Zealand Siphonariidae* (LOC. CIT., pl. XVII, fig. I et O).

[6] L'espèce étudiée est *G. Garnoti* Payraudeau; provenance : Banyuls.

[7] DE LACAZE-DUTHIERS, *Anatomie du Gadinia Garnoti* (*Pay.*) (COMPTES RENDUS ACAD. SCIENCES PARIS, t. C, 1885, p. 85). — *Le système nerveux et les formes embryonnaires du Gadinia Garnoti* (IBIDEM, p. 146).

la cavité palléale et le système nerveux. Une ancienne note de Philippi [1] ne renseigne aucunement sur la conformation interne. Quant à la monographie de Dall [2], elle est, comme l'ont déjà constaté Lacaze-Duthiers et Köhler, plutôt pauvre en faits positifs. Enfin l'étude des *Siphonaria* et *Gadinia* du Chili, par Lommen, annoncée depuis 1897, n'a pas encore paru. Aussi me suis-je donné beaucoup de peine pour obtenir des spécimens de ce genre peu connu, d'autant plus qu'il est l'une de ces formes marines dont l'attribution aux Pulmonés ou aux Opisthobranches n'est pas réglée. Grâce à l'obligeance de MM. Pruvot et Racovitza, j'ai reçu des *Gadinia* à l'état vivant.

1. **Conformation extérieure.** — La tête forme un voile ou bouclier céphalique allongé et aplati (fig. 14, 15, 16, *mu.*) dont le bord antérieur est légèrement dentelé. Ce voile est fendu dorso-ventralement suivant la ligne médiane, la fente menant à l'ouverture buccale. Sur sa face dorsale se trouve, de chaque côté, un sillon oblique, allant de la bouche à l'angle extérieur du voile (fig. 14). Cet appareil très extensible s'applique sur le fond (fig. 16); il paraît destiné à le racler et à amener à l'ouverture buccale les organismes ou particules enlevés par son bord antérieur.

Au côté droit, en dessous, près du bord, se trouve l'ouverture péniale; et au point de jonction de la tête au corps, l'orifice femelle (fig. 16, 18, *o. f.*).

Entre la tête et le pied est une glande pédieuse, comme celle de *Siphonaria* (fig. 19, *gl. p.*).

Au bord du manteau, à droite, en avant, s'observe l'orifice de la cavité palléale, très petit et peu extensible, dont la petitesse frappante a déjà été signalée par Lacaze-Duthiers [3].

Le muscle columellaire est du type de celui des Patelliens (fig. 14, *mus. c.*), mais avec une asymétrie marquée, la moitié gauche s'étendant bien plus en avant que la moitié droite (fig. 18, 19).

[1] Philippi, *Zoological Notes (on the animal of Pileopsis Garnoti)* (Ann. Mag. nat. Hist., 1re sér., t. IV, 1840, pp. 90-92, pl. III, fig. 3).

[2] Dall, *Materials towards a Monograph of the Gadiniidae* (Amer. Journ. of Conchology, vol. VI, 1870-1871, p. 8). (Je n'ai pu consulter cet ouvrage.)

[3] *Loc. cit.*, p. 87.

2. **Système nerveux.** — Les dispositions en sont connues, grâce à la description de Lacaze-Duthiers. J'y ajouterai, seulement, que les ganglions pédieux sont unis par *deux* commissures assez courtes, dont l'antérieure (fig. 21) est plus dorsale et plus forte que l'autre, comme dans les Pulmonés Basommatophores (exemple : Limnée, fig. 76). Entre les deux, passe un tronc artériel.

Le système nerveux central, au point de vue du nombre et de la composition des centres, est constitué comme celui de *Siphonaria* ou d'un *Ancylus* dextre.

Les yeux sont situés en arrière du voile ou bouclier céphalique, sur les côtés (fig. 15, 16, *oc.*), un peu profondément, et couverts par une lacune précornéenne (comme dans *Siphonaria* d'ailleurs). Exactement à la même place que chez *Siphonaria*, c'est-à-dire sur le plancher de la cavité palléale et près de son orifice, en dessous de l'extrémité antérieure du rein, se trouve un osphradium peu développé : sous un repli de la paroi, c'est une région d'épithélium un peu plus élevé, en dessous duquel se terminent les fibres d'une branche du nerf palléal (fig. 18, *osp.*).

3. **Système digestif.** — La bouche est dépourvue de mâchoire, en quoi je puis confirmer l'observation de Dall. Le bulbe buccal est volumineux (fig. 21) et mis en mouvement par des muscles puissants (fig. 22, *re. b.*); ces muscles rétracteurs se prolongent très loin en arrière (fig. 23), du côté gauche, et vont s'insérer sur la coquille, contre le columellaire (fig. 24, *ret. b.*).

La radula est fort petite, à la fois courte et étroite (fig. 19, *ra.*). La papille linguale présente, de part et d'autre de la radula, des plissements longitudinaux serrés (fig. 19, *pl.*), qui aident probablement à la récolte de la nourriture.

L'estomac se trouve tout en arrière du corps (fig. 14, *st.*), faisant donc suite à un œsophage très allongé (fig. 22, *œ.*); il présente un revêtement musculaire assez puissant. Le foie possède deux lobes dont le plus petit est logé dans la « spire » (sommet de la coquille, fig. 24, *hep'.*). La disposition est, à ce point de vue, toute pareille à celle que montrent *Siphonaria* et *Otina;*

les figures données pour cette dernière forme pourraient presque servir aussi pour *Gadinia* et *Siphonaria :* le grand lobe débouche antérieurement près du cardia, — le petit, plus postérieurement (fig. 23, 24).

L'intestin, né de la partie antérieure de l'estomac, est peu replié; il se termine dorsalement à droite (fig. 14, *an.*), au bord postérieur de l'orifice pulmonaire.

4. **Système circulatoire.** — Le sang des lacunes viscérales arrive surtout dans le manteau en avant du bord droit du muscle columellaire (fig. 20, *la.*); le sang qui a respiré dans le bord du manteau arrive vers l'oreillette en passant devant l'extrémité antérieure gauche de ce muscle (fig. 20, *la'.*), se joignant au sang qui a irrigué le rein.

A ce dernier point de vue, la disposition est analogue à celle que présentent les Patelliens, où la région cténidiale, avec ou sans branchie, se trouve entre la veine palléale et le vaisseau efférent du rein, donc en avant de ce dernier. Il ne doit pas y avoir de doute, conséquemment, que chez *Gadinia* aussi — et chez *Siphonaria* également —, la région cténidiale est en avant du rein, et que la « branchie » de ce dernier genre est une néoformation non homologue au cténidium.

Le cœur est « prosobranche » (fig. 14, *ca.*); l'aorte se dirige à droite, transversalement, immédiatement bifurquée (fig. 22, *ao.*); les deux branches se dirigent d'abord en arrière et portent rapidement le sang dans les lacunes interviscérales.

Les vaisseaux et lacunes renferment en quantité considérable de petits corpuscules sphériques jaunâtres, souvent amassés en groupes plus ou moins serrés : ce sont vraisemblablement des Zooxanthelles, dont la présence aide à l'oxygénation du sang (fig. 20, *z.*).

Respiration. — La cavité palléale s'étend loin en arrière, du côté gauche (fig. 22, *ca. p.*), sous le rein. Il n'y a pas, à l'entrée et sur le plancher de cette cavité, les bourrelets ciliés, qui dans *Siphonaria* [1], parallèles au bord

[1] Pelseneer, *Prosobranches aériens et Pulmonés branchifères* (Arch. de Biol., t. XIX, pl. XVIII, fig. 37.)

afférent de la « branchie », y assurent une active circulation d'eau. Il n'y a d'ailleurs aucune sorte de branchie chez *Gadinia* [1].

La cavité palléale peut même admettre de l'air. Ayant conservé assez longtemps, chez moi, à Gand, des individus vivants, dans un bocal d'eau de mer, j'ai vu souvent des bulles d'air assez nombreuses, sortant par l'orifice palléal (fig. 15, *pns.*); il suffisait pour cela d'enfoncer vivement sous l'eau les *Gadinia* qui avaient grimpé, sur la paroi du vase, un peu plus haut que le niveau du liquide.

Gadinia peut donc respirer aériennement par son poumon ou cavité palléale; ce qui concorde avec une observation de Hutton sur *Siphonaria* [2]. Quant à la respiration aquatique, elle a lieu surtout par le bord du manteau, qui est très lacunaire (fig. 18, etc.).

5. **Système excréteur.** — Le rein est très grand (fig. 14, *r.*), à cavité peu subdivisée (fig. 21, *r.*). Il est tout entier situé dans le manteau, jusqu'à la partie postérieure de la cavité palléale, et ne s'étend pas sur le dos de la masse viscérale, comme dans *Siphonaria :* chez ce dernier, l'extension du rein sur le plancher de la cavité palléale est amenée forcément par le développement d'une « branchie » sur la partie postérieure du plafond palléal, en arrière du rein.

L'aspect extérieur de cet organe (fig. 14, *r.*) lui donne quelque peu l'aspect d'une branchie, par suite de ses plissements intérieurs parallèles, ce qui a trompé certains observateurs (Philippi, Dall), de même que Clark chez *Otina,* et Semper chez les Auriculides [3].

La structure de ce rein est normale, les concrétions prenant naissance à l'intérieur d'une vacuole, dans le protoplasma, et non autour du noyau [4].

Le canal réno-péricardique a son origine un peu en avant du ventricule;

[1] Malgré l'assertion de Philippi (*loc. cit.*, p. 91), de Dall (*loc. cit.*) et de Hutton (*On the New Zealand Siphonariidae.* [Trans. New Zealand Institute, t. XV, 1883, p. 144]).

[2] Hutton, *Notes on the Structure and Development of Siphonaria australis* (Loc. cit., p. 342).

[3] Semper, *Die natürliche Existenzbedingungen der Thiere,* Bd I, p. 238.

[4] De Lacaze-Duthiers (*loc. cit.*, p. 88) indique les cellules rénales comme « renfermant un noyau servant de centre au dépôt d'une concrétion ».

il est étroit et se dirige transversalement, pour déboucher sur le plancher du rein (fig. 21, *ca. r. p.*).

6. **Système reproducteur.** — La glande génitale hermaphrodite, relativement peu volumineuse, est située en arrière, au côté droit du corps (fig. 14, *gl. g.*); sur les individus vivants ou fraîchement tués, elle est de couleur jaune.

Le conduit hermaphrodite présente une grosse glande albuminipare et une seconde glande « muqueuse », presque juxtaposée à la première. Puis il se bifurque en branche mâle et femelle (fig. 20, *ovi, sp.*). La branche femelle donne, non loin de son orifice extérieur, un long canal (fig. 20, 21, *r. s.*, 22, *ca. r. s.*) conduisant à la poche copulatrice ou « receptaculum seminis »; ce dernier est situé ventralement, en arrière, sous le foie.

La séparation des deux orifices mâle et femelle a été signalée par Hutton [1] et Lacaze-Duthiers [2]. *Gadinia* s'écarte, par cette disposition, de ce qui s'observe dans *Siphonaria :* il n'y a là, en effet, qu'un conduit unique hermaphrodite (fig. 13 et 96 *spo.*) et un seul orifice génital, antérieur.

V. — LATIA [3].

1. **Conformation extérieure** (fig. 25-27). — Le pied est plus court que le corps, le sommet de la masse viscérale le dépassant en arrière. Le lobe palléal inférieur (*br.*), situé tout entier dans la moitié postérieure du corps, est modérément développé. Les tentacules, plutôt courts et aplatis, portent les yeux en dehors (fig. 26, 29, *oc.*).

2. **Système nerveux** (fig. 31). — Il est tout différent de celui des Ancylides. La commissure cérébrale est longue et située en avant

[1] Hutton, *On the New Zealand Siphonariidae* (Loc. cit., pl. XVII, fig. T).
[2] De Lacaze-Duthiers, *loc. cit.*, p 149.
[3] L'espèce étudiée est *L. neritoides* Gray; provenance : Nouvelle-Zélande.

du bulbe buccal (contrairement à celle de *Ancylus*). Les ganglions pleuraux sont distincts (et non fusionnés aux centres voisins de la commissure viscérale, comme chez *Ancylus* et *Siphonaria*); ils ne donnent pas de nerfs.

La commissure viscérale est très longue et sans torsion, bien que la moitié droite en soit encore plus dorsalement située que la gauche. Les centres infra-intestinal et abdominal (fig. 31, *g. i. i.*, *g. a.*) se trouvent à la partie tout à fait postérieure de cette commissure, mais ne sont pas juxtaposés; l'infra-intestinal innerve le lobe palléal inférieur. Le supra-intestinal est rétréci au milieu ou double (*g. s. i.*), tout près du pleural droit, et donne un nerf palléal dont une branche va à l'osphradium (fig. 31, *osp.*).

Ce dernier organe est placé à l'extrémité antérieure de droite de la cavité palléale, sur le plancher, comme dans *Siphonaria* (fig. 96); il est plat et non à double invagination.

Les yeux présentent la lacune précornéenne propre aux divers *Basommatophora* précédents (fig. 29, *la.*) [1].

3. **Système digestif** (fig. 28). — La mandibule est dorsale et petite (fig. 29, *ma.*). Le bulbe buccal est très grand et fort allongé, s'étendant presque aussi loin en arrière que l'œsophage.

Ce dernier, qui s'élargit postérieurement, débouche à la face ventrale d'un gésier à anneau musculaire. Celui-ci sépare le gésier, en le rétrécissant, de l'estomac postérieur ou proprement dit.

A la partie la plus profonde de celui-ci débouche le foie, par un long conduit unique (fig. 28, *ca. h.*) (comme dans *Ancylus fluviatilis* — sénestre [2] —, et comme dans les Thécosomes) : soit qu'il y ait eu fusion des deux conduits, soit qu'il y ait eu atrophie de l'un d'eux.

De la partie antérieure de l'estomac, court d'ailleurs, naît ventralement l'intestin — dirigé d'abord en avant —, et à droite de celui-ci se trouve un long cæcum pylorique, dirigé en arrière (fig. 28, *cæ.*, fig. 32, *cæ. p.*). L'in-

[1] Cette lacune s'observe d'une façon générale chez les *Basommatophora*.

[2] D'après André (*Contribution à l'anatomie et à la physiologie des Ancylus lacustris et fluviatilis* [Revue suisse de Zool., t. I, p. 443]).

testin, après peu de circonvolutions, débouche vers le milieu du bord du lobe palléal inférieur (fig. 26, 27, *an.*).

4. **Système circulatoire.** — Le cœur est placé à gauche (fig. 25, *co.*), ayant l'oreillette en avant. Le péricarde est clos, comme dans les *Ancylus* d'ailleurs, où il n'y a pas ces communications avec les lacunes de la cavité générale du corps, supposées par André [1].

Le poumon existe encore, bien développé, s'étendant jusqu'au côté gauche du corps (fig. 33, *ca. p.*).

5. **Système excréteur.** — Le rein (fig. 25, *r.*) n'est pas, comme celui de *Siphonaria,* formé de deux moitiés placées au-dessus et au-dessous de la cavité palléale; il n'est pas davantage en forme de tube replié plusieurs fois sur lui-même, comme chez *Ancylus.* Il est essentiellement constitué comme chez *Limnæa* et formé d'une portion plus profonde, sécrétante, et d'une partie vectrice, cette dernière étant toutefois encore plissée intérieurement (fig. 33, *r.*).

6. **Système reproducteur** (fig. 30). — Comme dans les Limnéens proprement dits, l'orifice femelle se trouve sous le lobe palléal inférieur (fig. 27, *o. f.*), distant donc de l'ouverture mâle.

La glande hermaphrodite est postérieure et dorsale; le conduit spermoviducal s'élargit rapidement en se repliant plusieurs fois sur lui-même, pour se rétrécir de nouveau et se diriger en avant. Il reçoit une glande albuminipare (fig. 30, *gl. a.*), puis traverse une vaste glande muqueuse, formée de deux lobes principaux (fig. 30, *gl. m'.*, *gl. m''.*); il présente ensuite un fin cæcum dirigé en arrière : vésicule séminale (*cæ.*).

Alors seulement, il se bifurque en conduits mâle et femelle (donc beaucoup moins profondément que chez *Ancylus*). L'oviducte est ainsi fort court (*ovi.*) : il reçoit, aussitôt après sa naissance, le long canal d'une poche copulatrice située à gauche (*rc. s.*).

Le conduit mâle, peu après son origine, présente une grosse glande

[1] *Loc. cit.*, p. 453.

muqueuse (« prostate ») (fig. 30, *pr.*) dans la même situation que chez *Ancylus* [1]. Le spermiducte se continue, très long, pelotonné et se termine par un pénis perforé (sans stylet ni flagellum), rétractile au fond d'une gaine; celle-ci s'ouvre en avant du côté droit, sous le tentacule (fig. 26, *o. m.*).

VI. — GUNDLACHIA [2].

1. **Conformation extérieure** (fig. 34, 36). — L'animal est sénestre, comme sa coquille. D'une façon générale, il présente une organisation analogue à celle des Ancyles sénestres; c'est-à-dire qu'il ne possède pas de cavité pulmonaire (fig. 37), que — contrairement à tous les autres Pulmonés et Gastropodes en général, y compris *Ancylus lacustris* [3], où le cœur est au côté opposé de l'ouverture palléale et des autres orifices, — le cœur est ici dans la moitié gauche du corps (fig. 34, 36), comme chez *Ancylus fluviatilis* (fig. 39, *co.*), malgré que l'organisation soit sénestre.

Le lobe palléal inférieur (branchie palléale) est à gauche (fig. 34, 37, *br.*) et non plissé.

2. **Système nerveux.** — La commissure viscérale est courte et présente trois centres, de gauche à droite : pleural + pariétal, abdominal, supra-intestinal + pleural droit, comme chez *Ancylus*. En effet, si l'on dit que chez ce dernier « les ganglions palléaux » (= pleuraux) « manquent » [4], il faut comprendre : « manquent comme centres indépendants ». Ils sont fusionnés, le droit avec le supra-intestinal, le gauche avec le pariétal, ce que montrent les connectifs qui unissent ces deux centres aux ganglions pédieux.

Ces centres pédieux, sphéroïdaux, se touchent l'un l'autre. Les cérébraux, piriformes, sont unis par une commissure longue.

[1] De Lacaze-Duthiers, *Des organes de la reproduction de l'Ancylus fluviatilis* (Arch. Zool. expér., 3e sér., t. VII, pl. IV, fig. 7, et pl. VI, fig. 26).

[2] L'espèce étudiée n'est pas déterminée; elle provient de la Nouvelle-Zélande.

[3] André, *loc. cit.*, pl. XVI, fig. 12.

[4] De Lacaze-Duthiers, *Sur les ganglions dits palléaux et le stomato-gastrique de quelques Gastéropodes* (Arch. Zool. expér., 3e sér., t. VI, p. 422).

Les yeux sont situés vers la face intérieure des tentacules (fig. 36, *te.*). L'osphradium se trouve sous le bord gauche du manteau (fig. 35, *osp.*); il n'a qu'un seul cæcum.

3. **Système digestif.** — Contrairement à *Ancylus fluviatilis*, la radula est ici assez courte, ne dépassant que peu le bulbe buccal.

Le foie a deux lobes, chacun avec un orifice propre. Le lobe antérieur, grand, s'ouvre vers la partie postérieure de l'estomac, au côté droit. Un cæcum pylorique, dont le fond est dirigé en avant et qui débouche à la jonction de l'estomac et de l'intestin, reçoit le conduit (fig. 37, *ca. h.*) du lobe postérieur et plus petit du foie.

4. **Système circulatoire.** — Le cœur (fig. 36, *co.*) est orienté transversalement et placé au côté *gauche* du corps. Il se trouve en avant de la « branchie ». Le péricarde n'est pas un sinus, pas plus que dans *Latia*, ni les *Ancylus* [1].

5. **Système excréteur** (fig. 38). — Le rein constitue une sorte de tube plusieurs fois replié, comme dans les *Ancylus*. Il est exactement replié quatre fois (fig. 37, *r.*) comme celui d'*Ancylus fluviatilis* (fig. 39, *r.*), et tubulaire, sauf dans sa partie tout à fait initiale, où il est renflé et présente un cæcum dirigé en arrière. L'orifice externe de cet organe est tout à fait *postérieur*, en arrière du lobe palléal; sa structure est celle du même organe chez les *Ancylus*.

VII. — NEOHYALIMAX [2].

Il n'existe de ce genre qu'une diagnose sans figures [3]. C'est pourquoi j'en représente ici l'aspect extérieur, la coquille interne, la mandibule et la radule (fig. 40 à 43).

[1] André, *loc. cit.*
[2] L'espèce étudiée est *H. brasiliensis* Simroth.
[3] Simroth, *Proc. mal. Soc. London*, vol. II.

Le manteau est allongé; l'orifice palléal se trouve vers son milieu (fig. 40, *pns.*), avec l'anus immédiatement en arrière (*an.*). L'orifice génital est placé sous le tentacule postérieur de droite (*o. g.*).

La cavité coquillière est entièrement close; la coquille est ovale, peu bombée et à spire presque nulle (fig. 41). La mandibule est du type élasmognathe comme chez tous les Succineidae; la plaque accessoire en est haute (fig. 42). La radule a dans chaque rangée une dent centrale tricuspidée (fig. 43, I), des dents latérales (II) et marginales (III) passant insensiblement de l'une à l'autre et quadricuspidées : le denticule principal devenant de plus en plus petit à mesure qu'on s'approche du bord extérieur de la radule.

Le poumon est vasculaire, comme chez la généralité des Pulmonés; comme chez *Limax,* il ne s'étend pas, en arrière, aussi loin que l'extrémité postérieure du rein (fig. 44, *r.*). Ce dernier est pourvu d'un uretère secondaire replié (fig. 44, *ur.*), s'ouvrant avec le rectum.

VIII. — ONCIDIELLA [1].

1. Conformation extérieure (fig. 45).— Une représentation ventrale de ce Pulmoné montre tous les orifices extérieurs : l'anus (*an.*) à l'extrémité postérieure sur la ligne médiane; le pneumostome immédiatement en arrière de celui-ci (*pns.*) (pour l'interprétation de cette ouverture, voir plus loin); l'orifice femelle à droite de l'anus (*o. f.*); l'ouverture mâle (*o. m.*) à droite du sillon qui sépare la tête et le pied; la bouche (*o.*) à la place normale; les orifices des tentacules (invaginés) (*te.*) devant la tête, dans le bord du manteau; finalement, sur le côté des lobes céphaliques, une paire d'ouvertures symétriques [2], orifices de glandes (*gl.*), peut-être analogues aux glandes tentaculaires antérieures des *Vaginula* [3].

[1] L'espèce étudiée est *O. patelloides* Quoy et Gaimard; provenance : Nouvelle-Zélande.

[2] Déjà vues par PLATE chez *Oncis montana* (*Studien über opisthopneumone Lungenschnecken*, II. ZOOL. JAHRB. « Anat. u. Ontog. », Bd VII, p. 195).

[3] SIMROTH, *Ueber einige Vaginula-Arten* (ZOOL. JAHRB. « Syst. Geogr. u. Biol. », Bd V, pp. 897-898, pl. LI, fig. 4, *dr.*).

L'organisation des *Oncidiidae* est assez bien connue, grâce surtout aux recherches récentes de Plate [1] et de K. von Wissel [2]. Il n'y a guère qu'un point qui soit redevenu litigieux (comme il l'était jadis), par suite du travail de Haller [3] : c'est la question du rein et du poumon, sur laquelle il y a donc lieu de revenir.

2. Rein et poumon (fig. 46-48). — Pour von Jhering [4], rein et poumon ne font qu'un seul et même organe, avec un seul orifice. *Oncidium* est pris comme point de départ des « Néphropneustes » (= *Stylommatophora*) hors des Nudibranches, le rein de ceux-ci, ouvert près de l'anus, devenant le poumon des Néphropneustes.

Joyeux Laffuie [5] refuse tout poumon à *Oncidium* et considère l'ensemble des parties litigieuses comme un rein, ce qui résulte de l'emploi de méthodes d'investigation un peu rudimentaires.

Semper [6] considère qu'il y a deux organes distincts, le rein s'ouvrant dans le poumon. Bergh [7] indique sommairement que le rein est en grande partie englobé dans la « substance pulmonaire », ou du moins attaché en quelques points à la paroi de la cavité pulmonaire, qui est beaucoup plus petite que dans les autres Pulmonés.

Plate a montré [8] depuis que les deux organes sont distincts. Néanmoins Haller, plus récemment, maintient encore qu'il n'y a pas de poumon, et il décrit deux reins *pairs* [9], s'ouvrant par l'orifice situé en arrière

1 *Loc. cit.*, voir avant-dernière note.

2 VON WISSEL, *Beiträge zur Anatomie der Gattung Oncidiella* (ZOOL. JAHRB., Suppl. IV, 1898, p. 583).

3 HALLER, *Betrachtungen über die Nieren von Oncidium Celticum* (VERHANDL. NATURHIST. MED. VEREINS HEIDELBERG, Neue Folge, Bd V, 1894).

4 VON JHERING, *Vergleichende Anatomie des Nervensystemes und Phylogenie der Mollusken*, 1877, p. 226.

5 JOYEUX-LAFFUIE, *Organisation et développement de l'Oncidie* (ARCH. ZOOL. EXPÉR., 1re sér., vol. X, p. 60 du tiré à part).

6 SEMPER, *Reisen im Archipel der Philippinen, Landmollusken*, Bd III, p. 253.

7 BERGH, *Ueber die Verwandtschaftsbeziehungen der Onchidien* (MORPH. JAHRB., Bd X, pp. 179-180).

8 PLATE, *loc. cit.*, p. 131.

9 HALLER, *loc. cit.*, pp. 3 et suiv.

de l'anus (fig. 45, *pns.*) (pour lui *Oncidium* serait plus près des Opisthobranches que des Pulmonés). Un nouvel examen est donc nécessaire.

Mes recherches confirment celles de Plate. Rein et poumon sont des organes indépendants et séparés, ayant chacun son orifice propre. Le rein est unique (bien que formé de deux moitiés plus ou moins symétriques, fig. 46, 47, *r.*); il débouche dans la partie terminale du rectum, non pas dans le plan médian, mais au côté droit, ce qui marque bien le caractère impair et originairement asymétrique de l'organe (fig. 47, *o. r.*), qui est d'ailleurs toujours plus développé à droite qu'à gauche. Il possède un orifice péricardique, ce qui ne laisse aucun doute sur sa nature morphologique rénale, si encore sa structure pouvait en laisser.

Le poumon est lamelleux et quelque peu « trachéen » par places. Il se trouve non pas entourer le rein complètement, mais le couvrir surtout superficiellement (fig. 46, *pn.*) et pénétrer entre ses lobes. Bien qu'à peu près formés de deux moitiés symétriques (fig. 46, 47, *pn.*), il ne constitue pas deux cavités paires : sa portion la plus postérieure, sous l'extrémité de la glande hermaphrodite, est bien une cavité centrale unique et ne montre pas deux conduits qui se joindraient seulement à l'orifice extérieur, postanal (fig. 48, *pns.*).

Donc, ce genre, pris comme exemple par von Jhering, constitue justement le plus solide argument contre sa théorie que le poumon des *Stylommatophora* est un rein : puisque les deux organes existent simultanément, tout à fait séparés, sans rapports directs, les orifices étant eux-mêmes entièrement distincts.

3. Système reproducteur. — Les follicules de la glande génitale sont tous hermaphrodites, comme dans les formes voisines.

Le conduit génital n'est pas « triaule », c'est-à-dire qu'il ne s'y trouve pas le conduit de jonction que Semper prétend exister entre la poche copulatrice et le spermoviducte [1]. Mais un cæcum glandulaire, naissant à la

[1] Semper, *Ueber Brocks Ansichten über Entwickelung des Molluskengenitalsystems* (Arb. Zool. Inst. Würzburg, Bd VIII, p. 222).

base du col de la poche copulatrice, a pu être pris par erreur pour un conduit de ce genre.

IX. — VAGINULA [1].

1. Conformation extérieure. — Le bord du manteau (périnotum, fig. 49, *pa.*) présente, le long de l'arête, des glandes (fig. 52, *gl. pa.*) tout à fait comparables par leur situation et leur structure à celles de *Oncidiella* (fig. 47, *gl. pa.*) et des *Oncidiidae* en général.

La glande pédieuse (s'ouvrant entre la tête et le pied) est inégalement longue dans les différentes espèces.

L'anus s'ouvre postérieurement, entre le manteau et le pied, généralement un peu à droite de la ligne médiane.

2. Système nerveux. — Les cordons nerveux qui se trouvent sur la face dorsale du pied (fig. 52, 54, 55, *n. pa. p.*) et qui ont extérieurement l'apparence de troncs uniques, sont en réalité des cordons palléo-pédieux, formés de nerfs accolés. Il y a ici la réalisation de ce que Lacaze-Duthiers a cru autrefois exister dans *Haliotis,* point de départ de longues discussions sur la valeur de l'épipodium.

Les ganglions pédieux ont deux grosses commissures, comme aussi chez *Oncidiella.*

3. Système digestif. — L'intestin entre dans la paroi musculaire du corps vers le milieu du côté droit (fig. 55, *re.*), donc au point où il se termine extérieurement chez la plupart des Stylommatophores, et même chez le genre voisin *Atopos.* Mais ici, il débouche au dehors tout en arrière, vers la ligne médiane, entre le pied et le manteau (fig. 49, *an.*) : là se trouve un seul orifice qui est bien l'anus.

[1] Diverses espèces ont été étudiées, provenant de Madagascar, des Indes néerlandaises et de l'Amérique centrale : les différences d'organisation ont été reconnues plutôt minimes. Les détails se rapportent à *V. occidentalis*, provenant de Panama.

En effet, comme on va le voir, le rectum ne s'ouvre pas dans une cavité pulmonaire — contrairement à l'opinion de von Jhering [1] et de Plate [2] —, mais l'organe supposé « poumon » débouche, — comme Plate l'avait « dit » à Simroth [3], — *dans le rectum*.

4. Rein et « poumon » (fig. 49). — Pour le rein, le poumon et leurs orifices, nous trouvons ici les mêmes doutes et les mêmes discussions qu'au sujet des *Oncidiidae*. En effet :

Pour Keferstein [4], le rein s'ouvre dans le « poumon »; mais cet auteur ne décrit pas d'orifice et n'a pas vu de conduit propre.

D'après Leidy [5], le poumon se trouve entre les téguments et le « péritoine » musculaire, — et le rein, entre le poumon et l'intestin, *du cœur jusqu'à l'anus*. L'orifice pulmonaire est situé entre la « queue » et l'extrémité postérieure du pied, et l'*anus* au bord postérieur de cet orifice [6].

Pour von Jhering [7], la portion terminale de l'appareil rénal est un poumon, et, à ce poumon, manque un uretère. Simroth [8] n'a pas vu un orifice extérieur du rein. D'après Siegert [9], on ne saurait distinguer si c'est le rectum qui s'ouvre dans le poumon, ou le poumon dans le rectum, — et,

1 VON JHERING, *Vergleichende Anatomie des Nervensystemes und Phylogenie der Mollusken*, p. 227.

2 PLATE, *Ueber primitive und hochgradige differenzierte Lungenschnecken* (VERHANDL. D. DEUTSCH. ZOOL. GESELLSCH., 1897, p. 128 et fig. 2, p. 134).

3 SEMPER-SIMROTH, *Ueber die Niere der Pulmonaten*, in SEMPER, *Reisen im Archipel der Philippinen*, Bd III, Ergänzungsheft II, p. 84.

4 KEFERSTEIN, *Anatomische Untersuchungen von Veronicella* (*Vaginulus*) *Bleekerii* n. sp. (ZEITSCHR. F. WISS. ZOOL., Bd XV, p. 120).

5 LEIDY, *Special Anatomy of the terrestrial Gasteropoda of the United States*, in THE TERRESTRIAL AIR-BREATHING MOLLUSKS OF THE UNITED STATES, by A. Binney, vol. I, pl. IV, fig. 5, p. 237.

6 IBIDEM, p. 200.

7 VON JHERING, *Ueber den uropneustischen Apparat der Heliceen* (ZEITSCHR. F. WISS. ZOOL., Bd XLI, p. 267).

8 SIMROTH, *Ueber einige Vaginula Arten* (LOC. CIT., p. 873). — *Ueber die Niere der Pulmonaten* (LOC. CIT., p. 84). — *Ueber das Vaginuliden genus Atopos* (ZEITSCHR. F. WISS. ZOOL., Bd LII, p. 610).

9 SIEGERT, *Vorläufige Mittheilung über die anatomische Untersuchung einiger Vaginula-Arten* (ZOOL. ANZEIGER, 1897, p. 259).

d'autre part, uretère et poumon sont également entourés de lacunes sanguines et ont des épithéliums peu différents.

Enfin, pour P. et F. Sarasin [1], le rectum et l'uretère s'ouvrent dans une cavité pulmonaire distincte, plus large chez l'embryon que chez l'adulte.

Il y a donc désaccord sur la question de savoir :

a) Ce qui est rein, ce qui est poumon ;

b) Quelle est la nature de l'orifice postérieur entre le manteau et le pied.

A. — Le conduit parallèle au rectum (fig. 49, *ur''*.) n'est pas l'homologue d'un poumon :

α) Il n'en a en aucune façon la structure ; les lacunes sanguines y manquent beaucoup ; et l'épithélium en est très élevé, à apparence glandulaire [2], alors que l'épithélium pulmonaire, chez tous les Pulmonés, est plat.

β) L'organe en question se trouve *fort éloigné du cœur* (fig. 49, *ven.*). Or, dans tous les Pulmonés, cœur et poumon sont toujours en étroite corrélation de voisinage, et chez ceux où — par détorsion — le poumon est reporté secondairement en arrière (« Opisthopneumones »), le cœur est entraîné par lui dans ce mouvement de déplacement. C'est le cas non seulement pour *Oncidium* [3], mais pour *Testacella* [4], *Daudebardia* [5].

Cet organe est une partie du rein. Bien que je n'aie pas eu d'individus vivants à expérimenter par injection d'indigo-carmin, je pense que cette partie est seulement conductrice.

Depuis l'orifice de la chambre rénale (fig. 49, *o. r. u.*) jusqu'à la jonction du conduit avec le rectum (*o. r.*), on a affaire à l'uretère. Dans

[1] P. und F. Sarasin, *Die Land-Mollusken von Celebes* (Materialen zur Naturgeschichte der Insel Celebes, Bd II, 1889, p. 92, pl. XIV, fig. 127, *ah*).

[2] Il en est de même pour l'uretère chez *Limax* (Plate, *Studien über opisthopneumone Lungenschnecken*, I, Zool. Jahrb. [Anat. und Ontog.], Bd IV, p. 582).

[3] Joyeux-Laffuie, *Organisation et développement de l'Oncidie* (loc. cit., pl. XIV, fig. 1, *c*, etc.).

[4] De Lacaze-Duthiers, *Histoire de la Testacelle* (Arch. Zool. Expér., sér. 2, t. V, pl. XXXIV, fig. 46, etc.).

[5] Plate, *Studien über opisthopneumone Lungenschnecken*, I (Zool. Jahrb. [Anat. und Ontog.], Bd IV, pl. XXXII, fig. 3).

celui-ci, il n'y a même pas à distinguer entre deux régions nettement délimitées : la structure du conduit à large lumière se continuant dans la portion la plus voisine du conduit étroit (fig. 49, *ur'*.). Et cette structure de la partie terminale (supposée « poumon ») est analogue à celle observée dans l'uretère terminal d'autres Pulmonés : *Bulimus* [1], *Latia* (fig. 33), etc.

B. Siegert [2] ne peut dire si c'est le « poumon » qui s'ouvre dans le rectum ou inversement. Peut-être n'y a-t-il pas moyen de le reconnaître aisément si l'on étudie seulement *Vaginula*. Mais il en est autrement si l'on compare ce genre aux formes voisines : *Limax*, *Oncidium*, etc.

Car on connaît bien la tendance à la séparation de l'orifice anal et de l'ouverture palléale : *Helix* [déjà dans l'embryon (fig. 92)], *Neohyalimax* (fig. 40), *Urocyclus*, *Parmacella*, etc., et surtout les Oncidiidae (fig. 45), formes les plus voisines de *Vaginula*. Et, d'autre part, on sait aussi la tendance à l'union des orifices rénal et anal, *le rein s'ouvrant dans le rectum*, chez *Limax*, *Amalia* [3], *Daudebardia* [4] et surtout les Oncidiidae ci-dessus (fig. 47, *o. r.*).

C'est donc, chez *Vaginula* aussi, le rein ou plutôt un long uretère (le prétendu « poumon ») qui s'ouvre dans le rectum, et l'orifice extérieur terminal est donc l'anus. Quant au poumon, il n'existe plus; l'organe déjà rudimenté, à orifice séparé de l'anus chez *Oncidium*, a entièrement disparu.

Le *rein* est situé en avant, au côté droit (fig. 49, *r.*); il s'ouvre dans un étroit uretère, d'abord trois fois replié (fig. 55, *ur.*), lui-même cloisonné comme la « chambre urinaire »; puis il se continue par un large conduit rectiligne, à parois plissées (uretère secondaire ou rectal : fig. 49, *ur''*.).

5. Système reproducteur (fig. 50). — Les organes génitaux présentent, normalement, une disposition unique chez les Pulmonés : c'est le

[1] VON JHERING, *Ueber den uropneustischen Apparat der Heliceen* (LOC. CIT., pl. XVII, fig. 8).
[2] SIEGERT, *loc. cit.*, p. 259.
[3] PLATE, *Studien über opisthopneumone Lungenschnecken*, I (ZOOL. JAHRB. [Anat. und Ontog.], Bd IV, pp. 568, 584).
[4] IBIDEM, p. 568, fig. 53, pl. XXXIV.

ductus receptaculo-deferentinus, conduit allant du spermiducte ou *vas deferens* au *receptaculum seminis,* et non pas de ce dernier à l'utérus [1]. La description donnée par Simroth [2] est exacte à ce point de vue (fig. 50, *d. r. d.*).

Le conduit en question est un tube réel (ce qui n'avait pas été démontré) et non un ligament ; car il est creux sur toute son étendue (fig. 51) et fait réellement communiquer les deux canaux qu'il unit.

La conformation du conduit génital ne constitue donc pas une triaulie véritable, qui n'existe que chez les Nudibranches (voir seconde partie et fig. 106, I et II).

L'orifice du pénis est entre la bouche et la glande pédieuse. Le pénis est pourvu d'un appareil accessoire, formé de tubules glandulaires d'inégale longueur, au nombre de dix-neuf dans l'espèce étudiée (fig. 50, *gl. pe.*).

L'ouverture femelle est au milieu du côté droit (fig. 49, *o. f.*). La séparation des deux orifices génitaux dans les Gastropodes hermaphrodites est généralement considérée comme un caractère primitif; et leur rapprochement, comme un phénomène secondaire ultérieur. Néanmoins, chez les formes très spécialisées que sont les « Ditremata » (= Oncidiidae + Vaginulidae), l'écartement exagéré des orifices génitaux est certainement amené par le phénomène de la détorsion des Euthyneures, qui entraîne en arrière l'orifice femelle avec l'anus, dont celui-là est voisin chez *Atopos* et *Oncidium.*

[1] Comme le veut von Jhering (*Sur les relations naturelles des Cochlides et des Ichnopodes* [Bull. Sc. de France et de Belgique, p. 211, pl. V, fig. 20, *an.*]).

[2] Simroth, *Ueber einige Vaginula-Arten* (loc. cit., p. 877).

DEUXIÈME PARTIE

1. — SYSTÈME NERVEUX.

1° Homologies cérébrales entre les Mollusques et les Annélides.

A. — Sur les ganglions cérébraux de divers Limnéens, il existe une paire de lobes, distincts, par leur couleur (blanchâtre) et leur aspect, des centres nerveux proprement dits.

Chez Limnée (fig. 56, *lo. d.*), ils se trouvent aux deux extrémités (droite et gauche) de la commissure cérébrale. Ils ne m'ont pas présenté entre eux la continuité indiquée par Böhmig [1]; mais, d'après cet auteur [2], il y aurait de grandes variations individuelles dans cette partie.

Chez Planorbis (fig. 59, *lo. d.*), ils sont au contraire continus (ou plutôt *contigus*) et en grande partie situés sur la commissure même.

B. — Ces lobes existeraient, d'après Lacaze-Duthiers [3], dans *tous* les Pulmonés. De Nabias, de son côté, repousse toute homologie entre ces lobes et les lobes dits commissuraux des Stylommatophora ou Pulmonés terrestres [4]. Pour Schmidt [5], l'organe existerait aussi dans le groupe entier, mais cet auteur identifie (ainsi que les Sarasin [6]), à ces lobes dorsaux des Limnéens, les lobes *latéraux* accessoires des Stylommatophora (fig. 64, etc., *lo. l.*).

C. — Mais les Sarasin et Schmidt ont certainement, en ce faisant,

[1] Böhmig, *Beiträge zur Kenntniss des Centralnervensystemes einiger Pulmonaten Gasteropoden.* Leipzig, 1883, pl. I, fig. 8, B.

[2] Ibidem, p. 35.

[3] Lacaze-Duthiers, *Du système nerveux des Mollusques Gastéropodes Pulmonés aquatiques* (Arch. Zool. expér., sér. 1, t. I, p. 444).

[4] De Nabias, *Recherches sur le système nerveux des Gastéropodes Pulmonés aquatiques* (Travaux Labor. Soc. sc. et Station zool. Arcachon, 1899, pp. 15, 16).

[5] Schmidt, *Studien zur Entwicklungsgeschichte der Pulmonaten.* Dorpat, 1891, p. 16.

[6] Sarasin, *Aus der Entwicklungsgeschichte der Helix Waltoni*, in *Ergebnisse naturwissenschaftlicher Forschungen auf Ceylon*, Bd I, p. 65.

assimilé des parties non homologues, car ces derniers lobes *latéraux* ne sont nullement l'équivalent des lobes blancs dorsaux des Limnéens. En effet :

a) Ces derniers (fig. 57, *lo. d.*) sont *séparés* du cerveau (comme il avait déjà été reconnu par Beddard [1] et par Böhmig [2]), sans qu'il y ait en aucun point continuité ; et ils ne présentent pas la structure des centres nerveux (voir plus loin).

b) Les lobes latéraux accessoires, au contraire, sont *continus* avec les centres cérébraux, dans les Stylommatophora (fig. 71, 72, 73), comme il a déjà été reconnu par Schmidt [3] ; et ils sont incontestablement de nature nerveuse : *Helix* (fig. 73, *lo. l.* et Sarasin [4]), *Limax* (Schmidt [5] et Henchman [6]). Et pour Schmidt, ils seraient des ganglions restés à l'état embryonnaire.

c) En outre, ce même lobe cérébral accessoire se retrouve *à la même place latérale,* continu avec les centres nerveux et de la même structure nerveuse, dans les divers Basommatophora : Limnée (fig. 56, *lo. l.*), *Planorbis* (fig. 59, *lo. l.*) et autres (voir plus loin).

Il y a donc, incontestablement, ici deux choses bien distinctes — au moins dans les Basommatophora — et qui ont à tort été confondues : le lobe dorsal des Basommatophora (que je n'ai vu chez *aucun* Stylommatophore) et le lobe accessoire latéral (de *tous* les Pulmonés).

Voyons donc ces deux parties tour à tour.

A. **Le lobe dorsal des Basommatophora.** — *a*) Situation. — Elle a été indiquée plus haut (voir fig. 56 à 61).

b) Structure. — *α*) *Limnaea stagnalis.* — Chaque lobe y est homogène, c'est-à-dire indivis. L'organe ne présente aucune analogie avec les centres

[1] Beddard, *On some Points in the Anatomy of the Nervous System of the Pond-Snails* (Proc. Roy. Soc. Edinburgh, t. XI, p. 579).

[2] Böhmig, *loc. cit.*, p. 36.

[3] Schmidt, *loc. cit.*, pp. 26 et 28.

[4] Sarasin, *loc. cit.*, p. 65.

[5] Schmidt, *loc. cit.*, pp. 27 et 28.

[6] Henchmann, *The origin and development of the Central Nervous System in Limax maximus* (Bull. Mus. Comp. Zool. Harvard College, vol. XX, p. 195).

nerveux, ni aucune continuité avec eux (fig. 57, *lo. d.*). Il renferme de très petites cellules, dites « chromatiques » (de Nabias), plus abondantes vers la face dorsale, à aspect régulier et uniforme (fig. 57, *lo. d.*), mais en aucun endroit il ne m'a fait voir de trace de fibres (tandis que d'après de Nabias, les cellules de ces lobes seraient en rapport avec les fibres de la commissure cérébrale [1] et que les fibres mêmes de l'organe seraient en relation avec les origines cérébrales des nerfs optique et tentaculaire [2]. Cet auteur décrit conséquemment le lobe en question comme « procerebron »). D'autre part, cette structure ne m'a pas montré de ressemblance avec l'aspect figuré par Böhmig [3] : cellules à noyaux multiples.

β) *Amphipeplea glutinosa* (fig. 77, *lo. d.*). — Ici, il y a également une structure toute différente de celle des centres nerveux en même temps qu'une plus grande ressemblance avec celle représentée par Böhmig chez *Limnaea stagnalis* (faut-il en conclure qu'il y a peut-être une modification périodique de l'aspect de cet organe, en rapport avec son fonctionnement?).

γ) *Planorbis corneus* (fig. 59). — L'organe y est divisé en lobes nombreux, ce qui avait déjà été reconnu par Beddard [4]; ces lobes sont très petits et séparés (fig. 59, *lo. d.* [5]).

δ) *Auricula myosotis* (fig. 61). — Ici, ces lobes sont fort aplatis; mais leur séparation d'avec les centres nerveux est rendue plus visible encore que dans les autres genres, *par l'existence de pigment* dans le tissu conjonctif interposé, couche de pigment qui n'est nulle part discontinue (fig. 61, *lo. d.*). *Otina otis* se comporte à ce point de vue comme *Auricula.*

c) Conclusion. — Le lobe dorsal ne fait pas partie du système nerveux central. Il y a discontinuité entre lui et ce dernier. La chose est encore bien plus visible chez *Planorbis* et *Auricula* que dans *Limnaea stagnalis.*

d) Rôle. — Les expériences faites pour déterminer le rôle de ces

[1] De Nabias, *loc. cit.*, p. 16.
[2] Ibidem, pp. 16 et 17.
[3] Böhmig, *loc. cit.*, pl. II, fig. 2.
[4] Beddard, *loc. cit.*, p. 578.
[5] Il y a, en plus, de ces lobes sur les côtés des centres cérébraux et pleuraux.

« lobes » ne m'ont donné qu'un résultat négatif : après injection de carmin en poudre sur le vivant, ils ne se sont pas colorés, même au bout de dix jours. Il n'y a donc pas là une glande « lymphatique », comme on aurait pu le supposer. Ces lobes ne sont d'ailleurs pas en rapport avec un gros tronc vasculaire, comme les glandes cérébrales des Doridiens.

e) ORIGINE. — Elle n'est pas connue. Dans des stades embryonnaires relativement jeunes, il y a au dos des centres nerveux, des cellules dites « nuchales » ou « cerveau embryonnaire » de Wolfson [1], cellules qui, d'après Fol [2], seraient d'origine ectodermique (fig. 75, 76, *ce. n.*). Mais chez les jeunes Limnées, ces cellules nuchales ne s'observent pas en même temps que les « lobes dorsaux ». Dans des embryons pris un peu avant l'éclosion, ces cellules nuchales, au lieu d'être éparses et discontinues, se trouvent contiguës et amassées devant la commissure cérébrale (fig. 76, *ce. n.*). Et dans les Limnées écloses depuis peu, les « lobes » dorsaux existent à cette même place, constitués de grosses cellules à aspect plasmatique de cellules nuchales (fig. 84, *ce. n.*); tandis que chez les adultes, toute la masse paraît confluente (plasmodiale), à très petits noyaux (fig. 57, *lo. d.*).

Je suis donc tenté de croire que ces cellules nuchales deviennent les amas cellulaires (lobes) *dorsaux* « du cerveau » [3].

L'origine des lobes latéraux est tout autre, comme on va le voir.

B. — Le lobe latéral accessoire du cerveau des Pulmonés.

— *a*) STYLOMMATOPHORA. — Ces lobes ont une origine bien distincte de celle de la masse cérébrale principale.

Ils naissent par invagination de l'ectoderme. Mais, chez *Helix*, d'après les Sarasin [4], chaque lobe proviendrait de *deux* tubes d'invagination, tandis que

[1] WOLFSON, *Die embryonale Entwickelung des Lymnaeus Stagnalis* (BULL. ACAD. SAINT-PÉTERSBOURG, t. XXVI, p. 373, fig. 10, *g. em*).

[2] FOL, *Sur le développement des Gastéropodes Pulmonés* (COMPTES RENDUS, t. LXXXI, p. 525).

[3] Il y a aussi de ces cellules plasmatiques supracérébrales ailleurs que chez des Pulmonés, exemple : Paludina (VON ERLANGER, *Zur Entwicklung von Paludina vivipara* [MORPHOL. JAHRB., Bd XVII, p. 650]).

[4] SARASIN, *loc. cit.*, pp. 60 et 61.

dans *Limax*, ils se forment chacun aux dépens d'un seul tube cérébral, d'après Schmidt [1], d'après Henchmann [2] et d'après Meisenheimer [3]. Et la disposition décrite par les Sarasin est mise en doute par Schmidt, qui l'attribue à la forme accidentellement en fer à cheval de l'ouverture extérieure (ou mieux de la lumière) du canal cérébral.

Pour éclaircir ce point douteux, j'ai étudié la formation de ces lobes dans différentes formes de Stylommatophora : *Helix aspersa*, *Stenogyra mamillata* et *Clausilia sp.*, ce qui m'a donné les résultats suivants :

α) *Helix aspersa*. — Dans *Helix*, tout comme dans *Limax* [4], le ganglion cérébral proprement dit prend naissance par épaississement ectodermique, dans la plaque dite « syncipitale ».

Et l'invagination latérale, origine du « lobe accessoire », se produit sensiblement à l'endroit même où s'est constitué cet épaississement cérébral (fig. 66, 67, *lo. l.*), c'est-à-dire du côté *ventral* du tentacule postérieur, cachée entre lui et la palpe labiale (fig. 68, *o. ca. c.*).

Cette invagination commence quand l'œil est encore ouvert. Elle est alors très peu profonde (fig. 66). Elle s'enfonce ensuite davantage, restant encore ouverte quand l'œil est déjà fermé (fig. 69, *ca. c.*); elle est à son maximum de profondeur du douzième au quatorzième jour.

L'orifice et la lumière de ce tube d'invagination sont l'un et l'autre unique (comme dans *Limax*, d'après les observations des divers auteurs, et comme chez *Stenogyra* et *Clausilia* ci-après). Mais la forme en fer à cheval du fond de ce tube cérébral donne, dans cette région, l'apparence d'une double lumière (fig. 72, *ca. c.*), analogue à ce qu'ont représenté les Sarasin (et cette disposition existe également chez *Limax* [5] et *Stenogyra* [fig. 64, *ca. c.*]).

Ceci porte à penser avec Schmidt que les Sarasin ont été trompés par cet

[1] Schmidt, *loc. cit.*, pl. III, fig. 22.

[2] Henchmann, *loc. cit.*, pl. X, fig. 121, 124, 127, *in.*

[3] Meisenheimer, *Organogenese einer Lungenschnecke* (Zeitschr. f. wiss. Zool., Bd LXIII, p. 808).

[4] Schmidt, *loc. cit.*, p. 19, pl. I, fig. 6, *Cggl.* — Henchmann, *loc. cit.*, p. 117.

[5] Henchmann, *loc. cit.*, pl. X, fig. 121.

aspect et ont cru à tort qu'il y avait deux tubes entièrement séparés. Les observations concordantes de Fol [1] sur *Helix pomatia*, de Henchmann, Schmidt et Meisenheimer [2] sur *Limax maximus* et de l'auteur de ces lignes sur *Helix aspersa*, sur *Stenogyra* et sur *Clausilia* ne laissent pas de doute que dans les quatre genres en question, il n'y a qu'un canal cérébral de chaque côté — d'autant plus que les Sarasin eux-mêmes, dans des embryons âgés, n'ont pu voir qu'un seul canal [3].

De cette invagination « syncipitale » prennent naissance de très bonne heure, par une active prolifération en profondeur, des cellules nerveuses qui forment peu à peu un centre ganglionnaire (fig. 66, *lo. l.*). Celui-ci est entièrement constitué après la fermeture du tube d'invagination (c'est dans ce tube que Fol voyait l'origine de *tout* le ganglion cérébral).

Ce centre, d'abord situé près du ganglion tentaculaire et de l'œil, donc vers l'avant du cerveau, devient ultérieurement latéral. Il s'unit au ganglion cérébral (fig. 70, *ca. c.* et *g. c.*) préformé (fig. 66, *g. c.*) et né indépendamment par épaississement ectodermique; il vient constituer le lobe latéral accessoire (sans nerf) du cerveau de l'adulte (fig. 73, *lo. l.*).

L'évolution ultérieure du tube et de sa cavité résiduelle n'est pas connue pour *Helix Waltoni*. Dans *Helix aspersa*, la fermeture du tube cérébral a lieu peu avant l'éclosion (celle-ci, dans les conditions où j'ai expérimenté [mois d'août et commencement de septembre d'un été chaud], se produit vers le dix-huitième jour après la déposition de la ponte); et au quatorzième jour du développement, ce tube est encore largement ouvert au dehors.

Quant à sa partie profonde, elle persiste après la disposition de l'ouverture, sous forme d'une petite cavité. Celle-ci s'observe encore trois jours après l'éclosion (fig. 65, *ca. c.*) pour s'évanouir dans la suite : je ne l'ai jamais retrouvée dans des jeunes de quelques semaines ni, à plus forte raison, dans l'adulte.

[1] Fol, *Sur le développement des Gastéropodes Pulmonés* (Arch. Zool. Expér., sér. 1, t. VII, p. 194).

[2] Meisenheimer, *Organogenese einer Lungenschnecken* (Zeitschr. f. wiss. Zool., Bd LXIII, p. 595).

[3] Sarasin, *loc. cit.*, p. 61.

Cette cavité embryonnaire du lobe accessoire s'oblitère aussi entièrement chez *Limax maximus* [1], mais le canal peut occasionnellement s'y conserver jusqu'après l'éclosion [2].

β) Stenogyra mamillata [3]. — Cette espèce est ovovivipare [4]. J'en ai reçu de M. Léger, professeur à la Faculté des sciences de Grenoble, un individu vivant, portant quatre embryons dans l'oviducte (fig. 63, *em.*). Après une vingtaine de jours d'incubation, les jeunes n'étaient pas éclos. La mère et les embryons furent alors tués, pour que ces derniers pussent encore être étudiés avant d'être trop âgés (fig. 62).

Ils montrèrent, de chaque côté, un tube cérébral unique encore ouvert (fig. 64, *ca. c.*); ce tube d'invagination avait donné naissance à un centre nerveux (lobe latéral accessoire) accolé au cérébral (fig. 64, *lo. l.*). Le fond de l'invagination présentait aussi la forme en fer à cheval (fig. 64, *ca. c.*), qui sur certaines coupes donnait l'aspect de *deux* cavités distinctes, comme dans *Helix* (fig. 72, *ca. c.*).

γ) Clausilia sp. [5]. — L'embryon âgé montre, sous le tentacule postérieur,

[1] SCHMIDT, *loc. cit.*, p. 23.

[2] HENCHMANN, *loc. cit.*, pp. 195 et 200.

[3] Provenance : Nossi Bé.

[4] Le nombre des Pulmonés stylommatophores ovovivipares est assez considérable. La liste que donnait DE ROCHEBRUNE il y a quelques années (*De l'ovoviviparité chez les Mollusques pulmonés terrestres inoperculés* [BULL. SOC. PHILOMATH. PARIS, sér. 7, t. VI]) est fort incomplète. Voici les formes où l'ovoviviparité a été bien constatée :

Testacellidae : *Glandina algira, Rhytida inaequalis ;*

Selenitidae : *Selenites voyanus ;*

Limacidae : *Vitrina* sp. de Baalan (Semper) ;

Helicidae : *Helix rupestris, H. inversicolor, H. inaequalis, H. unidentata, H. erronea, H. studeriana* (s. g. Acavus), *Patula cooperi, Acanthinula harpa, Hemphillia rupestris ;*

Bulimulidae : *Partula* (toutes les espèces) ;

Pupidae : *Pupa umbilicata, P. muscorum, P. cylindracea, Coeliaxis, Balea, Clausilia ventricosa* et *Cl. similis ;*

Stenogyridae : *Achatina alabaster* (s. g. Perideris), *A. zebra* (les autres espèces sont ovipares), *Stenogyra mamillata, St. octona* (s. g. Subulina), *St. terebraster* (s. g. Obeliscus), *St. dominiciensis* (s. g. Opeas), *St. decollata* (s. g. Rumina), *St. lamellata* (s. g. Leptinaria), *Ferussacia folliculus, F. lamellifera, F. procerula* et *F. debilis ;*

Vaginulidae : *Vaginula vivipara.*

[5] L'individu trouvé auprès des œufs n'ayant pas été conservé, n'a pu être déterminé.

l'orifice d'invagination unique très visible (fig. 74, *o. ca. c.*); le canal cérébral est unique aussi, toutes dispositions étant pareilles à ce qui existe dans *Helix* et *Stenogyra* [1].

b) Basommatophora. — *α*) *Structure.* — D'après les divers embryologistes [2], les ganglions cérébraux des Basommatophora passent pour être formés *entièrement* par épaississement (ou prolifération) ectodermique, donc *sans aucune invagination* (et indépendamment d'ailleurs des cellules nuchales ou « cerveau embryonnaire » de Wolfson, qui paraissent être l'origine des lobes dorsaux, non nerveux, des Limnéens). Il y aurait donc contradiction avec ce qui s'observe chez les Stylommatophora, ainsi qu'il vient d'être exposé. Et Schmidt interprète aussi les observations de Fol sur les Basommatophora, comme si les tubes cérébraux n'existaient plus chez ceux-ci [3].

Or, l'observation de l'adulte montre déjà qu'il ne peut pas en être ainsi.

En effet, si dans les Stylommatophora, la cavité d'invagination des lobes cérébraux accessoires disparaît *après l'éclosion*, dans les Basommatophora adultes (au moins *Limnaea*, fig. 57 et 58, *ca. c.*, *Amphipeplea*, fig. 77, *ca. c.*, et *Planorbis*, fig. 59, 60, *ca. c.*), ces lobes accessoires montrent toujours leur cavité d'invagination *persistante*.

Celle-ci est entièrement close, à paroi de caractère épithélial, et elle se trouve dans la position caractéristique de la cavité embryonnaire des Stylommatophora, c'est-à-dire vers le côté extérieur et ventral du lobe

[1] Une figure publiée par feu Schmidt, *Beiträge zur Entwicklungsgeschichte des Stylommatophoren* (Zool. Jahrb. [Anat. u. Ontog.], Bd VIII, p. 340, fig. 9, *Clausilia laminata*), montre sous le tentacule un large orifice, sans explication aucune, mais marqué *ct*, qui est très sûrement l'ouverture d'un tube cérébral unique : ce qui confirme les diverses observations ci-dessus. Enfin, dans un ouvrage reçu après l'achèvement du présent travail, P. et B. Sarasin décrivent aussi la formation du lobe latéral du cerveau de *Vaginula*, par un tube cérébral *unique* (*Die Land-Mollusken von Celebes* [Materialen zur Naturgeschichte der Inseln Celebes, Bd II, 1899, p. 83, pl. XI, fig. 110 et pl. XII, fig. 111 à 113, *ct.*]).

[2] Wolfson, *loc. cit.*, p. 374. — Fol, *Sur le développement des Gastéropodes Pulmonés* (Arch. zool. expér., sér. 1, t. VII, pp. 168, 169). — Rabl, *Ueber die Entwicklung der Tellerschnecke* (Morph. Jahrb., Bd V, pp. 619, 620).

[3] Schmidt, *Studien zur Entwicklungsgeschichte der Pulmonaten*, p. 27.

accessoire, comme dans *Limax* [1], *Helix* (fig. 70, *ca. c.*) et *Stenogyra* (fig. 64, *lo. l.*).

β) *Origine.* — Il ne doit donc pas y avoir de doute que c'est là le reste de la cavité d'invagination embryonnaire; il ne peut conséquemment en rester davantage sur ce point, que les lobes cérébraux accessoires naissent par invagination comme dans les Stylommatophora et qu'il y a, à cet égard, identité entre tous les Pulmonés.

Mais, tandis que chez un Stylommatophora (*Limax*), où la cavité disparaît chez l'adulte, le canal est parfois conservé après l'éclosion [2], dans les jeunes Limnées fraîchement écloses, la cavité est déjà entièrement séparée de l'extérieur.

Il fallait donc rechercher ce canal chez l'embryon. Or, la littérature existante est muette à ce sujet. Fol [3] a « cru remarquer un épaississement de l'ectoderme... », « ce pourrait être l'origine du ganglion optique ». Sa figure [4] me paraît bien montrer qu'il s'agit du lobe accessoire latéral.

Mais ce n'est pas un simple épaississement qui y donne naissance. Une coupe figurée par Rabl [5], correspondant à la figure 66, *lo. l.*, de jeune *Helix* donnée ici, laisse l'impression que chez *Planorbis* une invagination commence à la place susindiquée (alors que le ganglion cérébral proprement dit est au préalable déjà formé), invagination produite pour former le lobe accessoire du cerveau.

Et, en effet, l'embryon de *Limnaea stagnalis*, un peu avant l'éclosion, fait voir, en arrière et au-dessous de l'œil, cette invagination achevée et non encore fermée (fig. 75, *ca. c.*) : le lobe accessoire étant dès lors déjà formé et ayant les mêmes relations avec l'extérieur que chez les Stylommatophora, c'est-à-dire possédant un canal unique (fig. 75, 76, *ca. c.*).

γ) *Fonctions.* — Ce lobe du cerveau des Basommatophora (fig. 56, *lo. l.*)

[1] Schmidt, *loc. cit.*, pl. I, fig. 3, *l. acc.*; pl. III, fig. 23, *l. acc.* — Henchmann, *loc. cit.*, pl. X, fig. 126 et p. 194, fig. F. — *Helix* : Sarasin, *Aus der Entwicklungsgeschichte der Helix Waltoni* (loc. cit., pl. VIII, fig. 28, 29, 30).

[2] Henchmann, *loc. cit.*, pp. 195 et 200.

[3] Fol, *loc. cit.*, p. 170 (*Planorbis*).

[4] Ibidem, pl. IX, X, fig. 17, *z*.

[5] Rabl, *loc. cit.*, pl. XXXVII, fig. 20, G.

a été dénommé par Lacaze-Duthiers [1] : « lobule de la sensibilité spéciale », parce que les nerfs optique, otocystique et tentaculaire naissent *autour* de lui. Mais, bien que de Nabias [2] y indique des cellules en relation avec les nerfs tentaculaire et optique, ni Böhmig [3] ni moi n'avons pu y voir aucun nerf prendre réellement naissance : ce lobule ne semble avoir physiologiquement rien à faire avec les organes actuels des sens spéciaux.

Dans plusieurs autres groupes de Mollusques, il a été décrit des invaginations cérébrales, exemples : Scaphopodes (*Dentalium* [4]), Gastropodes (*Vermetus* [5]), « Ptéropodes [6] », Lamellibranches (*Yoldia* [7]). Mais il est douteux que dans ces divers cas, l'invagination soit homologue des tubes cérébraux des Pulmonés, car cette invagination est donnée, par tous les observateurs, comme formant tout le ganglion cérébral *entier*.

Cependant, il est encore, en dehors des Gastropodes Pulmonés, un cas de lobe latéral accessoire, comparable à celui de ces derniers : c'est chez les Céphalopodes.

C. — **Le lobe latéral des Céphalopodes.** — Dans les embryons des Céphalopodes (Dibranchiaux), il y a aussi une masse nerveuse cérébrale accessoire qui, par sa situation, par son mode et son époque d'origine, correspond au lobe susmentionné des Pulmonés.

Elle est située au côté et en arrière de l'œil ; elle se trouve notamment

[1] LACAZE-DUTHIERS, *Du système nerveux des Mollusques Gastéropodes Pulmonés aquatiques* (ARCH. ZOOL. EXPÉR., sér. 1, vol. I, pp. 448, 493).

[2] DE NABIAS, *Recherches sur le système nerveux des Gastéropodes Pulmonés aquatiques* (LOC. CIT., pp. 18, 19).

[3] BÖHMIG, *Beiträge zur Kenntniss des Centralnervensystemes einiger Pulmonaten Gasteropoden*, p. 33.

[4] KOWALEVSKY, *Étude sur l'embryogénie du Dentale* (ANN. MUS. HIST. NAT. MARSEILLE, ZOOLOGIE, t. I, fig. 60, 65, 72, 76, etc., *ts*).

[5] SALENSKY, *Études sur le développement du Vermet* (ARCH. DE BIOL., t. VI, pp. 686 et suiv., pl. XXIX, fig. 27).

[6] FOL, *Sur le développement des Ptéropodes* (ARCH. DE ZOOL. EXPÉR., sér. 1, t. IV, p. 152).

[7] DREW, *Yoldia limatula* (MEMOIRS BIOL. LABOR. JOHNS HOPKINS UNIV., vol. IV, pl. IV, fig. 45, 46).

dans le « pédoncule » oculaire du Céphalopode œgopside de Grenacher [1] et de *Sepiola* [2], et se montre bien dans une coupe sagittale très latérale et presque tangentielle de la masse céphalique (fig. 80, *lo. l.*).

Ce lobe naît aussi, après la constitution du centre cérébral, par invagination de l'ectoderme, en arrière et au côté ventral de l'œil (fig. 81, *i. lo. l.*), c'est-à-dire au même point que l'invagination des Pulmonés [3]. Mais sa cavité d'invagination est à peine appréciable (fig. 81) [4]. Et cependant, l'embryon présente encore un sillon postérieur à l'œil, montrant, par son extrémité ventrale, le point où l'invagination s'est produite (fig. 78, 79, *i. lo. l.*).

Cet organe ne reste toutefois pas, à proprement parler, un constituant du système nerveux central.

Il s'unit à un épaississement contigu de l'épithélium ventral et au ganglion optique et devient, par la persistance exclusive de ses éléments vasculaires (d'origine mésodermique), le « corps blanc », glande sanguine de l'adulte, comme il a déjà été démontré par Faussek, ce dernier ayant aussi suggéré ses homologies avec les « tubes cérébraux » des Pulmonés [5].

Et son mode de formation et ses rapports originels montrent bien l'exactitude de l'opinion de Ray-Lankester [6] que le « corps blanc » est un ganglion nerveux atrophié.

D. **Le cerveau postérieur des Annélides Polychètes.** — Les Sarasin ont déjà tenté [7] d'homologuer les tubes cérébraux de *Helix Waltoni* aux organes nuchaux des Annélides.

1 Grenacher, *Zur Entwicklungsgeschichte der Cephalopoden* (Zeitschr. f. wiss. Zool., Bd XXIV, p. 432, pl. XL, fig. 9 et 10, *wk*).

2 Fol, *Note sur le développement des Mollusques Céphalopodes et Ptéropodes* (Arch. zool. expér., sér. 1, t. III, p. xlv, pl. XVIII, fig. 14, *ol*).

3 Ray Lankester, *Observations on the Developpement of the Cephalopoda* (Quart. journ. micr. Sc., vol. XV, pl. V, fig. 10, WB).

4 Bobretsky, *Recherches sur le développement embryonnaire des Céphalopodes* (en russe), pl. IV, fig. 39, *ak*; pl. VII, fig. 66, *ak*; pl. VIII, fig. 74 et 78, *ak*. — Faussek, *Ueber den sog. « weissen Körper »* (Mém. Acad. sc. Saint-Pétersbourg, sér. 7, t. XLI, pl. II, fig. 18, *inv*).

5 Faussek, *loc. cit.*, p. 23.

6 Ray Lankester, *loc. cit.*, p. 46.

7 Sarasin, *loc. cit.*, p. 66.

Cette identification ne peut être que confirmée. En effet, ces organes nuchaux, si répandus dans les Polychètes, constituent sous une forme primitive [1], deux surfaces sensorielles dans une invagination sous le bord antérieur du premier segment postcéphalique. A chacune d'elles correspond un lobe postérieur des centres cérébraux ou « encéphale » : c'est le cerveau postérieur [2] (fig. 82, *ce'''*.).

Or ces deux lobes postérieurs sont des centres ganglionnaires *non commissurés* directement entre eux [3] (fig. 83), de même que les lobes accessoires des divers Pulmonés.

On sait, en outre, que ce troisième lobe cérébral se forme *indépendamment* des portions antérieures de l' « encéphale », tout comme le lobe accessoire des Pulmonés et le lobe latéral (d'invagination) des Céphalopodes (fig. 81, *i. lo. l.*). Ce troisième lobe se forme par multiplication cellulaire très active au fond du cæcum, à la suite de l'invagination de l'organe nuchal (chez *Lopadorhynchus* [4]).

Ce dernier organe est là une invagination, — non pas provisoire, comme le tube des Pulmonés et l'invagination des Céphalopodes, — mais persistante; et ces centres (cerveaux postérieurs) produits par prolifération cellulaire au fond de l'invagination nuchale se sont ultérieurement unis aux portions plus antérieures des centres cérébraux [5], comme les lobes correspondants des Pulmonés et des Céphalopodes.

Il y a donc identité entre la formation des lobes accessoires des Pulmonés et celle des cerveaux postérieurs des Polychètes. Et la ressemblance est même beaucoup plus grande que l'ont cru les Sarasin, puisque, de part et

[1] Racovitza, *Le lobe céphalique et l'encéphale des Annélides polychètes* (Arch. zool. expér., sér. 3, t. IV, p. 250 et 259).

[2] Racovitza, *loc. cit.*, p. 263. — Spengel, *Oligognathus Bonelliae, eine schmarotzende Eunicee* (Mitth. Zool. Stat. Neapel, Bd III, pl. IV, fig. 51, *nw.*). — Pruvot, *Recherches anatomiques et morphologiques sur le système nerveux des Annélides polychètes* (Arch. zool. expér., sér. 2, t. III, pl. XI, fig. 1, 2 et 3 [*Hyalinaecia*]; fig. 5 [*Lumbriconereis*]; fig. 8, *f.* [*Ammotrypane*]; pl. XVI, fig. 6, *l.* [*Myxicola*]; fig, 9, *l.* [*Serpula*].

[3] Pruvot, *loc. cit.*, pl. XVI, fig. 6, *l.*

[4] Kleinenberg, *Die Entstehung des Annelids aus der Larve von Lopadorhynchus* (Zeitschr. f. wiss. Zool., Bd XLIV, p. 71, pl. VI, fig. 22[4], *g.*; pl. VII, fig. 23[4], *g.*)

[5] Ibidem, p. 71.

d'autre, il y a une seule invagination de chaque côté et que cette invagination se produit — dans les Annélides et les Mollusques — après la constitution de la partie principale ou antérieure des centres cérébraux.

L'invagination cérébrale des Mollusques représente ainsi un *organe sensoriel perdu,* dont le centre correspondant s'est rudimenté, mais a persisté (complet dans les Pulmonés, — sous forme de rudiment vasculaire chez les Céphalopodes).

Il y a là, dans la constitution des centres cérébraux, une nouvelle et importante ressemblance morphologique entre les Mollusques et les Annélides : ainsi s'accroissent encore les vraisemblances de leurs relations phylétiques [1].

2° Osphradium.

A. — **Basommatophora.** — *a)* Formes dextres. — D'après Lacaze-Duthiers [2], l'osphradium y est bifurqué. Il en est bien réellement ainsi dans les espèces du genre *Limnaea* et dans *Amphipeplea glutinosa* (fig. 84 et 89, *osp.*).

Avant l'éclosion, le cæcum osphradial n'est pas bifurqué encore, ainsi que le montre une coupe passant par le point où le fond de ce cæcum a sa plus grande extension (fig. 77, *osp.*); il le devient peu après (fig. 84).

[1] Je rappelle ici deux travaux, auxquels je renvoie, où j'ai déjà traité cette question et indiqué des arguments à l'appui de cette manière de voir : Pelseneer, *La classification générale des Mollusques* (Bull. scientif. France et Belgique, t. XXIV (1892), pp. 369-370. — Pelseneer, *Recherches morphologiques et phylogénétiques sur les Mollusques archaïques* (Mém. cour. Acad. de Belgique, t. LVII, pp. 83-87). — Je fais encore remarquer l'identité qui existe entre la houppe apicale ou flagellum, qui se trouve au centre du velum de nombreux Mollusques (*Chiton, Patella*, divers Lamellibranches, *Dentalium*) et la même houppe ciliée au centre du cercle préoral de la trochophora de tant d'Annélides; et j'appelle enfin l'attention sur les conclusions des plus récents travaux d'embryogénie malacologique : « between Ischnochiton and the Annelids the ressemblances are more fundamental and » closer than are the differences » (Heath, *The development of Ischnochiton*, pp. 69 et 79, Zool. Jahrb. [Anat. u. Ontog.], 1899). — « der enge Zusammenhang von Anneliden und Mollusken. » (Meisenheimer, *Entwicklungsgeschichte von Dreissensia polymorpha Pall.*, Zeitschr. f. wiss. Zool., Bd LXIX, 1900, p. 125.)

[2] Lacaze-Duthiers, *Du système nerveux des Mollusques Gastéropodes Pulmonés aquatiques* loc. cit., p. 489).

Mais cette bifurcation de l'osphradium ne s'observe dans *aucune autre forme dextre :*

Chez *Chilina,* l'organe est allongé et non circulaire, peu profond, avec un seul ganglion, bien que son nerf soit bifurqué [1].

Amphibola a un « volumineux organe olfactif sur la paroi gauche du pneumostome [2] ». J'ai représenté la situation de cet osphradium, qui n'est pas creux [3].

Chez *Siphonaria,* l'organe n'est ni bifurqué ni invaginé [4] (fig. 96, *osp.*); il se trouve situé sensiblement au même endroit que dans *Amphibola* [5]. *Gadinia* ne montre qu'un nerf osphradial terminé par des ramifications serrées, plus ou moins nombreuses, accompagnées de cellules nerveuses [6] (fig. 18, *osp.*).

Latia possède un osphradium circulaire, plat, dans la même position que chez *Siphonaria* (fig. 31, *osp.*).

Ancylus lacustris (dextre) n'a qu'un cæcum osphradial simple, dans le bord du manteau (la cavité pulmonaire ayant disparu) [7].

b) Formes sénestres. — Le cæcum osphradial est toujours simple, non seulement chez les *Planorbis* et *Physa,* mais aussi dans les formes que j'ai

[1] Pelseneer, *Recherches sur divers Opisthobranches* (Mém. cour. Acad. de Belgique, t. LIII, pl. XXIV, fig. 218, v (Ch. Mülleri). — Plate, *Bemerkungen über die Phylogenie und die Entstehung der Asymmetrie der Mollusken* (Zool. Jahrb. [Anat. u. Ontog.], Bd IX, p. 201); chez une autre espèce, il est vrai, indique un osphradium circulaire.

[2] Bouvier, *Sur l'organisation des Amphiboles* (Bull. Soc. Philomath. Paris, sér. 8, t. IV, p 149).

[3] Pelseneer, *loc. cit.*, pl. XXIV, fig. 213, ii.

[4] Köhler. *Beiträge zur Anatomie der Gattung Siphonaria* (Zool. Jahrb. [Anat. u. Ontog.], Bd VII, p. 78).

[5] Pelseneer. *Prosobranches aériens et Pulmonés branchifères* (Arch. de Biol., t. XIV, pl. XVIII, fig. 35, ix).

[6] Lacaze-Duthiers, *Le système nerveux et les formes embryonnaires du Gadinia Garnoti* (Comptes rendus, t. C, p. 149).

[7] Pelseneer, *Prosobranches aériens et Pulmonés branchifères* (loc. cit., pl. XVII, fig. 30). — André, *Contribution à l'anatomie et à la physiologie des Ancylus lacustris et fluviatilis* (Revue suisse de zool., t. I, p. 458).

appelées *Pulmobranchia,* chez *Gundlachia* (fig. 35, *osp.*) et *Ancylus fluviatilis* (sénestre) [1].

Quant aux Basommatophores terrestres (Auriculides : *Alexia, Otina,* etc.), ils n'ont plus d'osphradium différencié. *Auricula myosotis* montre encore, sur une bifurcation du nerf palléal droit, un petit ganglion [2]; mais celui-ci n'étant pas immédiatement sous l'épithélium, il est possible qu'il ne représente pas le rudiment du ganglion osphradial [3].

B. — **Stylommatophora** (rudimentation). — L'organe était resté tout à fait inconnu chez ces Pulmonés. Il n'y a pas longtemps qu'il a été signalé pour la première fois par P. Sarasin dans *Helix personata* adulte [4]. Cet auteur y avait reconnu un ganglion sur le nerf palléal; mais ce centre n'est pas relié à une région sensorielle de l'épithélium [5]. — Depuis, dans *Testacella* adulte, Plate a décrit un appareil qu'il considère comme un osphradium véritable [6].

Or, cet organe existe vraisemblablement dans les *embryons* de tous les *Stylommatophora,* et parfois même un peu après l'éclosion, comme dans *Helix.*

L'osphradium s'y trouve à l'entrée de la cavité palléale, au côté interne, à l'endroit même où le rein larvaire vient déboucher (fig. 86, *osp.*). Au point de vue de sa structure, il est formé d'une région très épaissie de l'épithélium, située sur un ganglion osphradial (fig. 85, *g. osp.*); il ne

1 Sharp, *Beiträge zur Anatomie von Ancylus fluviatilis und Ancylus lacustris.* Würzburg, 1883, pl. I, fig. 2, p. 21.

2 Pelseneer, *Recherches sur divers Opisthobranches* (loc. cit., pl. XXIII, fig. 205, iv).

3 Plate (*Ueber primitive und hochgradige differenzierte Lungenschnecken* [Verhandl. deutsch. zool. Gesellsch., 1897, p. 124]) n'a pas vu ce ganglion chez *Pythia,* et croit, à tort, que ce ganglion n'existe pas non plus dans *Auricula.*

4 Sarasin, *Ueber drei Sinnesorgane und die Fussdrüse einiger Gastropoden* (Arb. Zool.-Zoot. Instit. Würzburg, Bd VI, fig. 16, 17).

5 Plate, *Studien über die opisthopneumone Lungenschnecken,* I (Zool. Jahrb. [Anat. u. Phys.], Bd IV, p. 604, pl. XXXVII, fig. 105).

6 Plate, *ibid.*, pl. XXXV, fig. 67, *olf.*

présente aucune invagination. Le ganglion osphradial est relié directement au ganglion supra-intestinal (ou « deuxième asymétrique droit ») (fig. 87, *g. s. i.*) par un nerf déjà assez long au moment de l'éclosion (fig. 72, *n. os.*).

Plusieurs jours après la naissance, l'organe existe encore, bien caractérisé (fig. 88, *osp.*); mais sur l'adulte, je n'en ai plus trouvé de traces.

L'embryon de *Limax*, comme celui de *Helix*, possède aussi un osphradium, de situation et structure caractéristiques [1]. Mais l'adulte ne montre plus rien, comme *Helix* et les autres genres d'ailleurs [2].

L'existence constante (*Limax, Helix*) d'un osphradium à l'entrée de la cavité palléale (ou « pulmonaire ») des embryons de *Stylommatophora* permet d'affirmer l'homologie du poumon de ces Pulmonés avec celui des *Basommatophora* et conséquemment l'unité de conformation et d'origine de ces Gastropodes, que von Jhering a combattue avec tant de persistance.

3° Commissures pédieuses.

Dans la généralité des Pulmonés, on observe qu'il y a plus d'une commissure pédieuse. Outre une commissure antérieure, plus forte, il y en a une seconde postérieure, plus faible et plus ventrale que la première (fig. 76, *co. pé.*). Lacaze-Duthiers avait déjà indiqué que cette commissure postérieure existe dans *tous* les Pulmonés, et il la considérait comme formée par des nerfs anastomosés [3].

Elle a été constatée, en effet, parmi les *Basommatophora*, chez :

[1] Henchmann, *The origin and development of the central nervous system in Limax maximus* (Bull. mus. Comp. Zool., vol. XX, pp. 189 et 198).

[2] D'après Moquin-Tandon (*Histoire naturelle des Mollusques terrestres et fluviatiles de France*, pl. XX, fig. 16, *d*), certains *Bulimus* indigènes montrent un ganglion accessoire relié au supra-intestinal, qu'on pourrait prendre pour un ganglion osphradial au moins rudimentaire. Mais, dans *B. obscurus*, que j'ai étudié par dissection et par coupes, je n'ai rien pu trouver.

[3] Lacaze-Duthiers, *Du système nerveux des Gastéropodes pulmonés aquatiques* (Arch. zool. expér., sér. 1, t. I, p. 457).

Auricula[1] et *Pythia*[2] (Auriculidæ); *Amphibola*[3]; *Siphonaria*[4]; *Gadinia* (p. 12); *Chilina*[5]; *Latia* (fig. 31, *g. pe.*); *Ancylus lacustris; Planorbis*[6]; *Physa fontinalis; Amphipeplea; Limnaea.*

Mais dans ce dernier genre, en avant de cette commissure postérieure, Lacaze en indique *deux* autres[7]. Chez divers *Basommatophora,* la grosse commissure antérieure montre une mince traînée de cellules ganglionnaires, vers l'axe, paraissant séparer deux faisceaux de fibres; mais il n'y a pas de séparation extérieure. L'aspect figuré par Lacaze-Duthiers semble dû à un accident de préparation, et dans ce genre comme chez les formes voisines, on n'a reconnu depuis qu'une commissure antérieure, grosse, et une postérieure, mince.

Parmi les *Stylommatophora,* les deux commissures pédieuses se trouvent également, chez : *Bulimus ovatus* et *B. proximus*[8], *B. obscurus*[9]; *Achatina* et *Helix*[10], *Zonites*[11], *Janella*[12], *Oncidium*[13], *Vaginula*[14]. Dans ces diverses formes les commissures sont plus courtes que chez les *Basommatophora,* et

1 VON JHERING, *Sur les relations naturelles des Cochlides et des Ichnopodes* (BULL. SC. FRANCE ET BELGIQUE, t. XXIII, pp. 198 et 199).

2 PLATE, *Ueber primitive und hochgradige differenzierte Lungenschnecken* (LOC. CIT., p. 123).

3 BOUVIER, *Sur l'organisation des Amphiboles* (LOC. CIT., p. 147).

4 HALLER, *Die Anatomie von Siphonaria gigas* (ARB. ZOOL. INSTIT. WIEN, Bd X, pl. I, fig. 5, *c'*. — KÖHLER, *Beiträge zur anatomie der Gattung Siphonaria* (LOC. CIT., p. 19).

5 PLATE, *Bemerkungen über die Phylogenie und die Entstehung der Asymmetrie der Mollusken* (LOC. CIT., p. 200).

6 BEDDARD, *On some Points in the Anatomy of the nervous system of the Pond-Snails* (PROC. ROY. SOC. EDINBURGH, t. XI, pl. IV[a], fig. 2 et 3).

7 LACAZE-DUTHIERS, *loc. cit.*, p. 456, pl. XVII, fig. 4.

8 PLATE, *Ueber die Anatomie der Bulimus ovatus* Sow. *und des Bulimus proximus* Sow. (SITZUNGSBER. GESELLSCH. NATURFORSCH. FR. BERLIN, 1896, p. 150.)

9 Observation personnelle.

10 ANAUDRUT, *Sur le système nerveux de quelques Mollusques pulmonés* (BULL. SOC. PHILOMATH. PARIS, 1886, pp. 21 et 25).

11 Observations personnelles.

12 PLATE, *Beiträge zur Anatomie und Systematik der Janelliden* (ZOOL. JAHRB. [Anat. und Ontog.], Bd XI, p. 256).

13 VON JHERING, *Vergleichende Anatomie des Nervensystemes und Phylogenie der Mollusken*, p. 233.

14 JOYEUX-LAFFUIE, *Organisation et développement de l'Oncidie* (ARCH. ZOOL. EXPÉR., sér. 1, t. X, pl. XVII, fig. 4).

la postérieure est relativement plus forte qu'ailleurs, dans les *Ditremata* (*Oncidium, Vaginula*).

Cette commissure postérieure se montre, dans le développement, aussitôt que l'antérieure : *Limax* [1], *Limnœa* (fig 77, *co.pé.*), *Helix* (fig. 87, *g.pe.*); elle ne se forme nullement par l'anastomose de deux nerfs.

Les Opisthobranches ont aussi cette seconde commissure pédieuse, relativement plus longue encore que dans certains Basommatophores, et comme chez plusieurs de ceux-ci (*Chilina, Amphibola, Limnaea, Planorbis*), munie d'un nerf vers son milieu. Parmi les Streptoneures ou « Prosobranches » à ganglions pédieux concentrés, on n'a, au contraire, signalé la seconde commissure pédieuse que dans *Janthina* [2]. Son existence simultanée chez tous les Euthyneures confirme donc que ceux-ci dérivent de Streptoneures primitifs, à commissures pédieuses multiples (Aspidobranches Rhipidoglosses) [3].

4° Commissure viscérale, ganglion pariétal et détorsion des Euthyneures.

Les *Euthyneura* (= *Opisthobranchia* + *Pulmonata*) présentent, dans leur système nerveux, deux tendances caractéristiques :

A. — Les nerfs palléaux quittent les ganglions pleuraux pour sortir de la commissure viscérale ou des premiers centres — droit et gauche — de cette commissure;

B. — Le ganglion infra-intestinal se fusionne avec l'abdominal.

A. — *a*) Opisthobranchia. — Le nerf palléal gauche sort de la commissure

[1] Schmidt, *Studien zur Entwiklungsgeschichte der Pulmonaten*, pl. III, fig. 18, 19.

[2] Bouvier, *Quelques observations anatomiques sur divers Mollusques Gastéropodes*, p. 5 (Comptes rendus Soc. biol. Paris, sér. 9, t. IV, 1892).

[3] *Patella* conserve aussi les deux premières commissures pédieuses des Rhipidoglosses, comme les Euthyneures.

viscérale, dans : *Scaphander* [1], *Bulla* [2], *Philine* [3]; mais chez *Actaeon* et *Acera* [4], il y a un centre, sur la commissure viscérale, à la naissance du nerf palléal gauche.

b) PULMONATA. — Les ganglions pleuraux (= « palléaux ») cessent de produire des nerfs [5], au moins des nerfs innervant le manteau; et le nerf palléal gauche (chez les formes dextres) naît d'un ganglion situé auprès du pleural : *Otina* (fig. *g. pa.*), *Auricula* [6], *Amphibola* [7], *Chilina* [8], *Latia* (fig. 31, *g. pa.*) [9], etc.

Ainsi donc, il y a, ici, une tendance à la formation d'un ganglion nouveau, dont sort le nerf palléal gauche (chez les dextres), comme dans les Opisthobranches *Actaeon* et *Acera*.

Dans toutes les formes (dextres et sénestres) généralement, ce nouveau ganglion est *moins rapproché* de l'abdominal que le supra-intestinal; exemples, dans les *Basommatophora* longicommissurés : *Latia* (fig. 31, *g. pa.*), *Chilina* [10], dans *Auricula, Otina* (fig. 5, *g. pa.*), *Amphibola, Limnaea*. — Par contre, ce ganglion est toujours plus rapproché du pleural voisin que le supra-intestinal ne l'est du sien (et il en est de même chez *Actaeon* et *Acera*); et les *Stylommatophora* à centres non contigus montrent la même disposition (*Clausilia* [11]).

1 PELSENEER, *Recherches sur divers Opisthobranches* (MÉM. COUR. ACAD. DE BELGIQUE, t. LIII, pl. III, fig. 18).

2 IBIDEM, pl. III, fig. 20.

3 VAYSSIÈRE, *Recherches anatomiques sur les Mollusques de la famille des Bullidés* (ANN. D. SC. NAT. ZOOL., sér. 6, t. IX, pl. IX, fig. 81). — LACAZE-DUTHIERS confirme le fait pour les trois genres (*Les glanglions dits palléaux et le stomato-gastrique de quelques Gastéropodes* [ARCH. ZOOL. EXPÉR., sér. 3, t. VI, p. 363.])

4 PELSENEER, *loc. cit.*, pl. I, fig. 3 et pl. IV, fig. 29.

5 LACAZE-DUTHIERS, *loc. cit.*, pp. 346, 347, 422.

6 PELSENEER, *loc. cit.*, pl. XXIII, fig. 205.

7 BOUVIER, *Quelques observations anatomiques sur divers Mollusques Gastéropodes* (LOC. CIT., p. 4). — PELSENEER, *loc. cit.*, pl. XXIV, fig. 214.

8 PELSENEER, *loc. cit.*, pl. XXIV, fig. 210.

9 Ici, comme chez *Chilina*, le ganglion supra-intestinal est double, mais sa moitié antérieure ne donne non plus pas de nerf.

10 PELSENEER, *loc. cit.*, pl. XXIV, fig. 210.

11 LACAZE-DUTHIERS, *Otocystes ou capsules auditives des Mollusques* (*Gastéropodes*) (ARCH. ZOOL. EXPÉR., t. I, pl. III, fig. 12, *zd''*.).

Il y a là une indication que ce centre n'est pas le correspondant « gauche » (chez les dextres) du ganglion supra-intestinal, c'est-à-dire qu'il n'est pas homologue de l'infra-intestinal des *Streptoneura* : c'est une formation nouvelle, le ganglion « *pariétal* » (Plate)[1].

Latia constitue une bonne preuve de la formation de ce *nouveau* ganglion gauche, car le centre infra-intestinal s'y observe en effet, comme dans *Chilina,* conservé libre de toute fusion (et avec son nerf palléal caractéristique, allant à droite), — tandis qu'ailleurs, ce centre a disparu comme ganglion indépendant, ainsi qu'on va le voir.

B. — *a*) Opisthobranchia. — Le premier ganglion viscéral de gauche — non encore en contact avec l'abdominal dans *Actaeon* — est ailleurs accolé à ce dernier centre. Il y reste ainsi dans la moitié droite du corps et il en résulte que c'est le centre « abdominal » qui semble innerver le manteau du côté droit (le lobe palléal inférieur) : *Scaphander*[2], *Bulla*[3], *Philine*[4], *Acera*[5].

De même, les Aplysiens[6] et les « Ptéropodes » Gymnosomes[7] n'ont sur la commissure viscérale que deux centres au plus, entre les pleuraux; ce sont, respectivement : celui de gauche, les ganglions infra-intestinal et abdominal soudés, — celui de droite, le ganglion supra-intestinal.

b) Pulmonata. — Dans *Chilina* et *Latia,* les choses sont disposées comme dans les Opisthobranches Bulléens, avec cette réserve que les centres infra-intestinal et abdominal y sont même moins rapprochés l'un de l'autre.

[1] Plate, *Bemerkungen über die Phylogenie und die Entstehung der Asymmetrie der Mollusken* (loc. cit., p. 201).

[2] Pelseneer, *loc. cit.*, pl. III, fig. 20, vii.

[3] Vayssière, *Recherches anatomiques sur les Mollusques de la famille des Bullidés* (loc. cit., pl. XII, fig. 114).

[4] Ibidem, pl. IX, fig. 81.

[5] Pelseneer, *loc. cit.*, pl. IV, fig. 29, vi.

[6] Vayssière, *Recherches zoologiques et anatomiques sur les Mollusques Opistobranches du golfe de Marseille* (Ann. Musée Marseille, Zool., t. II, pl. IV, fig. 94).

[7] Pelseneer, *Recherches sur le système nerveux des Ptéropodes* (Arch. de Biol., t. VII, pl. IV, fig. 2).

Mais ailleurs, la fusion de ces deux ganglions est complète, et l'innervation du lobe palléal inférieur se fait par l'abdominal (ou mieux par le centre composé de l'abdominal et de l'infra-intestinal réunis) : ***Planorbis***, ***Pulmobranchia*** [1], ***Otina*** (fig. 5, *g. a.*), ***Amphibola***, etc. [2].

Les trois ganglions « centraux » de la chaîne viscérale ou « asymétrique » donnent ainsi des nerfs au manteau [3]. On sait que cela arrive également dans des Streptoneures [4]; mais les choses ne sont pas strictement comparables, les ganglions centraux n'étant pas homologues de part et d'autre.

Donc il y a aussi chez les ***Euthyneura***, une tendance à fusionner le ganglion infra-intestinal à l'abdominal. Et, comme par suite de la détorsion subie par ces organismes le ganglion supra-intestinal quitte le côté gauche, il naît de ce côté de la commissure viscérale, un ganglion pariétal d'où sort un nerf palléal gauche (ayant probablement son origine dans le centre pleural voisin).

Cette tendance explique que dans les Opisthobranches (et les Pulmonés), (ce qui semble à Amaudrut [5], contraire à la théorie de la détorsion des ***Euthyneura***), le ganglion infra-intestinal soit, malgré la détorsion, ***resté*** à ***droite*** : parce qu'il y est soudé au centre abdominal et retenu par son nerf palléal droit (dont le champ d'innervation n'est pas retourné à gauche).

[1] PELSENEER, *Prosobranches aériens et Pulmonés branchifères* (ARCH. DE BIOL., t. XIV, pl. XVI, fig. 19, VII).

[2] Dans les *Ancylus*, « les ganglions palléaux (= pleuraux) manquent » (LACAZE-DUTHIERS, *Les ganglions dits palléaux et le stomato-gastrique de quelques Gastéropodes* [LOC. CIT., p 422]); il en est de même chez les *Siphonariidae*. En réalité, de part et d'autre, ils sont fusionnés avec les ganglions voisins de la commissure viscérale; de sorte que l'on a, du côté des orifices : 1. pleural + supra-intestinal; 2. au milieu, abdominal + infra-intestinal; 3. de l'autre côté, ganglion nouveau « pariétal » + pleural. Le nerf palléal allant au lobe palléal inférieur (« branchie ») chez *Ancylus*, y sort du ganglion central.

[3] LACAZE-DUTHIERS, *loc. cit.*, p. 349.

[4] PELSENEER, *Recherches anatomiques et phylogénétiques sur les Mollusques archaïques* (LOC. CIT., p. 42).

[5] AMAUDRUT, *La partie antérieure du tube digestif et la torsion chez les Mollusques Gastéropodes* (ANN. DE SC. NAT. ZOOL., sér. 8, t. VII, p. 280).

Cette *détorsion des Euthyneura* n'est pas admise par Boutan[1], pour lequel les « orthoneures larvaires n'ont pas une torsion larvaire égale à celle des Chiastoneures ».

Or, les embryons d'*Euthyneura* (plus spécialisés que les Streptoneures) ont peut-être condensé les premiers stades de leur développement : la torsion (qui va disparaître plus tard) ne s'y manifeste plus si grande, le « pivotement de la coquille » n'est plus visible (il n'est du reste visible chez les « Chiastoneures » que dans les plus archaïques : Rhipidoglosses [*Patella, Fissurella,* etc.]).

Des preuves multiples de cette détorsion s'observent d'ailleurs dans les restes de torsion que présentent les Euthyneures :

a) Chez l'embryon :

α) La cavité palléale et l'anus sont, à un moment donné, beaucoup plus antérieurs, dans les divers Opisthobranches, que chez l'adulte;

β) Chez *Helix,* à l'éclosion (fig. 87, *g. s. i.*), le centre supra-intestinal et la moitié droite de la commissure viscérale sont encore plus haut que la moitié gauche.

b) Chez l'adulte :

α) Dans les *Euthyneura* archaïques (*Actaeon*), la glande salivaire de droite se trouve encore plus haut que la gauche (fig. 94, *gl. s.*), comme dans les *Streptoneura* primitifs[2], et la même chose s'observe dans les Pulmonés longicommissurés : Auriculides (*Otina,* fig. 6, *gl. s.*). — Mais la détorsion affectant surtout la partie antérieure (du tube digestif notamment), les *Euthyneura* plus spécialisés ont (lorsqu'ils sont dextres) la glande salivaire droite plus bas placée que la gauche; c'est-à-dire qu'il y a là une torsion correspondante en sens inverse (vers la droite), exemple, Pulmoné à courte commissure viscérale : *Siphonaria* (fig. 96, *gl. s.*).

β) Le centre infra-intestinal (« second asymétrique *gauche* ») — libre dans *Actaeon, Chilina* et *Latia,* fusionné à l'abdominal ailleurs — envoie encore un nerf palléal dans la partie *droite* du manteau.

[1] BOUTAN, *La cause principale de l'asymétrie des Mollusques Gastéropodes* (ARCH. ZOOL. EXPÉR., sér. 3, t. VII, p. 339).

[2] AMAUDRUT, *loc. cit.*, pl. VII, fig. 64.

Il y a donc eu détorsion, après la torsion primitive des Gastropodes.

D'ailleurs Boutan [1], dans son hypothèse des *Euthyneura* non détordus, ne peut pas expliquer les Opisthobranches et Pulmonés à commissure viscérale encore tordue (*Actaeon* [fig. 95, *co. vi'*, *co. vi''*], *Chilina* [fig. 91, *co. vi.*]), qui sont encore si Streptoneures qu'ils ont gardé le centre infra-intestinal distinct de l'abdominal, comme les *Streptoneura* proprement dits.

2. — SYSTÈME RESPIRATOIRE.

1° Rudimentation de la cavité palléale.

L'observation montre que dans les deux groupes de Pulmonés (*Basommatophora* et *Stylommatophora*) — et parmi les formes les plus spécialisées de part et d'autre : *Vaginulidae* et *Ancylidae*, — la cavité palléale ou pulmonaire a disparu.

Chez les *Vaginula* (fig. 49, *ur''*), la cavité prise pour poumon est l'extrémité terminale de l'uretère secondaire ou rectal, débouchant dans le rectum (fig. 49, *o. r.*); voir plus haut, pp. 24 à 26.

Pour les *Ancylus* et *Gundlachia* (fig. 37 et p. 18), il n'y a rien qui puisse représenter la cavité palléale : l'osphradium se trouve placé sur le bord même du manteau, et le rein, dans le manteau (fig. 36, *osp.*; fig, 37, *r.*).

Vaginula constitue ainsi, parmi les Pulmonés, le stade Nudibranche des Opisthobranches (plus de coquille, plus de cavité palléale); les *Ancylidae*, de leur côté, représentent le stade *Umbrellidae*, des mêmes Opisthobranches (une coquille externe, plus de cavité palléale).

2° Pulmonés branchifères.

Aux formes connues : *Planorbis*, *Pulmobranchia*, *Miratesta*, *Isidora*, *Ancylus*, *Protancylus*, on peut encore ajouter *Latia*, étudié ci-dessus.

L'homologie de la « branchie » de ces Pulmonés avec le lobe palléal

[1] BOUTAN, *loc. cit.*, p. 305.

inférieur des Opisthobranches, que j'ai indiquée [1] autrefois, a été mise en doute par les Sarasin [2]. Ces auteurs l'identifient au cténidium ou branchie proprement dite des Gastropodes, et tiennent ces genres branchiés pour des Pulmonés conséquemment très archaïques.

A. — Pour ce qui est de ce dernier point, je ferai remarquer que les formes en question ne possèdent aucun caractère de Pulmoné archaïque : *a*) ni dans le système nerveux : leur commissure viscérale étant très courte et concentrée au lieu d'être longue comme dans *Auricula* et *Latia*, ou même un peu tordue, comme chez *Chilina; b*) ni dans les organes génitaux : puisque, contrairement aux *Auricula*, ils ont un conduit femelle propre et même très long.

B. — Quant à l'homologie de leur « branchie », la preuve que cet organe n'est pas un cténidium, se trouve :

a) Dans sa situation entièrement *hors* de la cavité palléale. Les formes en question, comme tous les Pulmonés, possèdent un « pneumostome », étroit orifice palléal ou « pulmonaire », qui marque nettement l'entrée de la cavité palléale. Tout ce qui est en dehors du pneumostome est donc aussi en dehors de celle-là.

Or les Sarasin ne décrivent ni ne figurent ce pneumostome; et cependant il est très visible (fig. 97, *pns.*). Et la branchie tout entière se trouve à côté de cette ouverture, donc en dehors de la cavité palléale. Une coupe passant par ce pneumostome (fig. 98, *pns.*) le montre à satiété.

Il en est de même pour tous ces genres : la branchie de *Planorbis*, que les Sarasin tiennent pour homologue de celle de *Pulmobranchia*, *Isidora*, etc., se trouve aussi fort en dehors de l'ouverture palléale [3].

b) Dans son éloignement de l'osphradium. Chez les Gastropodes, le cténidium se trouve tout auprès de l'osphradium, dans la partie la plus abrectale de la cavité palléale. Ici, osphradium et « branchie » sont hors de cette cavité, mais l'osphradium est resté dans sa position morphologiquement

[1] PELSENEER, *Prosobranches aériens et Pulmonés branchifères* (LOC. CIT., p. 386).
[2] SARASIN, *Die Süsswasser-Mollusken von Celebes*, p. 82.
[3] PELSENEER, *loc. cit.*, pl. XVII, fig. 24.

abrectale, par rapport à l'orifice palléal, tandis que la « branchie » est située au côté adrectal de cette ouverture.

c) Dans sa situation relativement à l'anus, non seulement cette « branchie » se trouve au côté adrectal du pneumostome, mais elle est en outre plus éloignée de cet orifice que l'anus lui-même : elle est donc *en arrière* de celui-ci. Or, dans les Opisthobranches où la branchie (cténidium) est le plus près de l'anus (Pleurobranches), cette branchie est devant ce dernier.

d) Dans son innervation. Cet organe a la même innervation que le *lobe palléal inférieur* des Bulléens et de tous les Pulmonés Basommatophores : *Chilina, Otina* (fig. 5, *g. a.*), etc., c'est-à-dire qu'il reçoit son nerf du centre *infra-intestinal*, encore libre chez *Latia* (fig. 31, *n. p. i.*), fusionné avec le ganglion abdominal dans les autres formes. On sait que le cténidium, au contraire, est toujours innervé par le centre *supra-intestinal*.

En dehors de ces *Basommatophora* à « branchie » extra-pulmonaire, et de *Siphonaria* à « branchie » (non cténidium, voir ci-après) intra-pulmonaire, il n'y a pas d'autre Euthyneure Pulmoné branchifère.

P. et F. Sarasin [1] considèrent les Auriculides comme « kiemenführend », se basant notamment sur un passage de Semper. Or celui-ci attribue [2] à *Siphonaria* et aux Auriculacés : « eine kleine Kieme... oder ein *kiemenähnliches Organ* ». Semper a été certainement trompé (comme Clark pour *Otina* et Philippi pour *Gadinia*) par l'aspect lamelleux du rein, qu'il a pris pour un « kiemenähnliches Organ ». Ayant étudié plusieurs formes d'*Auriculidae*, je puis affirmer qu'aucune d'elles ne possède la moindre trace de branchie quelconque.

3° Position systématique des Siphonariidae et des Ancylidae.

Certains de ces mollusques, rangés dans les Pulmonés branchifères, sont interprétés autrement par divers auteurs : c'est le cas pour *Siphonaria* et *Gadinia* d'une part et *Ancylus* d'autre part.

[1] Sarasin, *Die Land-Mollusken von Celebes*, p. 103.
[2] Semper, *Die natürliche Existenzbedingungen der Thiere*, Bd I, p. 238.

A. — SIPHONARIIDAE. — von Jhering range *Siphonaria* dans les Opisthobranches, auprès des *Umbrella* [1]. Haller est du même avis [2]. Köhler tient également *Siphonaria* pour un Tectibranche, sans toutefois le placer aussi près de *Umbrella* [3]. Plate place *Siphonaria* et *Gadinia* parmi les Opisthobranches [4]. Enfin, Cooke considère aussi *Siphonaria* comme appartenant à ce dernier groupe [5].

De mon côté, j'ai déjà précédemment défendu l'opinion que ces formes appartiennent aux Pulmonés [6]. Mes arguments n'ont pas été rencontrés. J'y ajoute encore les remarques suivantes :

Siphonaria et *Gadinia*, comme les Pulmonés, et contrairement aux Opisthobranches, possèdent :

a) La glande pédieuse des *Basommatophora* (fig. 13 et 19, *gl. p.*).

b) L'étroit orifice caractéristique de la cavité palléale (« pneumostome ») (fig. 15, *pns.*).

c) L'osphradium éloigné du côté du cœur et rapproché de l'anus, vers le bord du pneumostome (fig. 18 et 96, *osp.*).

d) Le ventricule en *arrière* de l'oreillette (= « prosobranche »), à ce point de vue non plus, n'est donc pas « opisthobranche » (fig. 14, *co.*).

Siphonaria n'est même pas, à proprement parler, un des Basommatophores tout à fait primitifs; il est très spécialisé : *a*) par l'acquisition d'une « branchie » nouvelle qui n'est pas homologue du cténidium; *b*) par la concentration de son système nerveux, qui est constitué comme celui des *Ancylus; c*) par la coalescence des ouvertures génitales mâle et femelle [7] à la partie *antérieure* du corps.

[1] VON JHERING, *Vergleichende Anatomie des Nervensystemes und Phylogenie der Mollusken*, p. 204.

[2] HALLER, *Die Anatomie von Siphonaria gigas* (ARB. ZOOL. INST. WIEN, Bd X., p. 97).

[3] KÖHLER, *Beiträge zur Anatomie der Gattung Siphonaria* (ZOOL. JAHRB. [Anat. und Ontog.], Bd VII, p. 79).

[4] PLATE, *Ueber Gadinia Peruviana Gray* (SITZUNGSBER. AKAD. WISS. BERLIN, 1893, p. 962).

[5] COOKE, *Molluscs* (CAMBRIDGE NATURAL HISTORY, 1895, vol. III, p. 431).

[6] PELSENEER, *Recherches sur divers Opisthobranches* (LOC. CIT., pp. 81, 82). — PELSENEER, *Prosobranches aériens et Pulmonés branchifères* (LOC. CIT., p. 386).

[7] L'ouverture hermaphrodite (qui devient ultérieurement l'orifice femelle) est située, à

B. — ANCYLIDAE. — D'après Plate [1], *Ancylus* serait un Tectibranche. De son côté, von Jhering dit bien, en parlant de ce genre, « l'animal est Opisthobranche », mais il n'a pas en vue la position systématique en s'exprimant ainsi, il indique seulement les rapports de la « branchie » relativement au cœur [2].

Or, *Ancylus* est un Pulmoné Basommatophore par :

a) La forme et la position de son osphradium.

b) Sa « branchie » palléale, dont la conformation et les rapports sont ceux de la branchie de *Planorbis* et autres formes voisines.

c) Son estomac, à cæcum pylorique, identique à celui des *Planorbis* et genres voisins.

d) Son ventricule du cœur en arrière de l'oreillette (caractère général des Pulmonés, la presque universalité des Opisthobranches montrant l'inverse).

e) Ses organes génitaux à conduits et ouvertures mâles et femelles distincts.

f) Sa seconde commissure pédieuse, non pas allongée, comme celle des Opisthobranches, mais courte, ainsi que dans les embryons de Limnée (fig. 76, *co. pe'*.).

Loin d'être un Tectibranche (c'est-à-dire une forme moins spécialisée que les Pulmonés), *Ancylus* est, au contraire, très spécialisée (relativement aux autres *Basommatophora*) : *a*) par son système nerveux très concentré (à ganglions pleuraux fusionnés avec les centres voisins de la commissure viscérale); *b*) par l'acquisition d'une branchie secondaire; *c*) par la perte

l'origine, dans la cavité palléale ou près de l'ouverture de celle-ci. Mais, secondairement, l'orifice femelle (ancien orifice hermaphrodite) peut se rapprocher du pénis, situé dans la partie *antérieure* du corps. Ce rapprochement, déjà manifesté dans un Auriculide (*Otina*), est complètement réalisé dans *Amphibola* (PELSENEER, *Recherches sur divers Opisthobranches* [LOC. CIT., pl. XXXV, fig. 219]); mais ce genre possède un spermiducte distinct.

[1] PLATE, *Studien über Opistopneumone Lungenschnecken*, II (ZOOL. JAHRB. [Anat. und Ontog.], Bd VII, p. 220).

[2] VON JHERING, *Sur les relations naturelles des Cochlides et des Ichnopodes* (BULL. SCIENTIF. FRANCE ET BELGIQUE, t. XXIII, p. 234).

du poumon [1]; *d*) par le déplacement du cœur, qui se porte du côté des ouvertures génitales, rénale et anale (fig. 36, 39, *co.*); *e*) par la division hâtive du conduit hermaphrodite et la grande longueur consécutive de l'oviducte.

3. — SYSTÈME DIGESTIF.

1° Lobes du foie. — Dans la généralité des Gastropodes dextres, on constate que le lobe « hépatique », placé dans la spire, est le *plus grand*, qu'il est morphologiquement le *gauche* et le plus antérieur (vers l'œsophage); l'autre, plus petit, est le droit, plus postérieur (vers l'intestin). Un excellent exemple s'en trouve dans l'embryon âgé de *Nassa* (fig. 99, *hep'.*) [2].

Or, dans *Otina*, Gastropode dextre cependant, le lobe hépatique, le *plus grand* et morphologiquement antérieur, se trouve situé hors de la spire, et c'est le plus petit et postérieur qui occupe celle-ci (fig. 7, *hep'.*). Le fait est en contradiction avec ce qu'on observe dans les autres Gastropodes, et notamment dans la forme voisine *Auricula* (où j'ai revu, en effet, que le lobe qui est dans la spire est beaucoup plus grand que l'autre).

Mais *Otina* n'est même pas isolé à ce point de vue. *Siphonaria* [3] et *Gadinia* (fig. 23, 24) présentent la même particularité, c'est-à-dire que le lobe topographiquement postérieur (placé dans le sommet de la coquille) y est plus petit que l'autre.

[1] P. et F. Sarasin indiquent (*Die Süsswasser-Mollusken von Celebes*, p. 87), sans les représenter, un orifice et une cavité *pulmonaires* chez « *Protancylus* ». Or, sur une coupe où devraient se voir ces parties si elles existaient, on observe une conformation identique à celle d'une coupe correspondante de *Gundlachia*, *Ancylide* sans poumon (comparer les fig. 171 et 174 des Sarasin, *Protancylus*, à la fig. 37 du présent travail, *Gundlachia*).

[2] Ni dans cette forme, ni dans le genre voisin *Buccinum*, ni chez *Helix* (Pulmoné), l'origine du foie ne se trouve dans « les masses vitellines » (contrairement à l'opinion exposée par Fischer, *Recherches sur la morphologie du foie des Gastéropodes* (Bull. scientif. France et Belgique, t. XXIV, p. 330). Dans *Nassa reticulata* notamment, il n'y a qu'une seule masse vitelline, se résorbant de plus en plus, mais *coexistant avec les deux lobes du foie*, et qui a disparu au stade représenté ici (fig. 99).

[3] Köhler, *Beiträge zur Anatomie der Gattung Siphonaria* (Zool. Jahrb. [Anat. und Ontog.], Bd VII, p. 32, pl. I, fig. 6). — Je puis confirmer la chose pour *S. Lessoni*.

Ces observations sont en opposition avec la théorie morphologique de Plate, d'après laquelle le foie gauche, plus grand, logé dans la spire, serait cause de la torsion des Gastropodes dextres [1]. Pour que cette théorie fût acceptable, il faudrait démontrer que les embryons des *Otinidae* et des *Siphonariidae* ont le foie gauche (dans la spire) plus grand, et que, chez l'adulte, il redevient plus petit que l'autre.

Or, ni Hutton [2] ni Lacaze-Duthiers [3] ne donnent d'éclaircissement à ce sujet. Toutefois, si des observations ultérieures venaient à montrer qu'il en est réellement ainsi et que le lobe dans la spire n'est pas le plus petit dès l'origine, on devrait voir la cause de sa réduction dans celle de la spire elle-même chez les formes considérées; cette dernière est, en effet, très petite chez *Otina* (fig. 1, 2, 3) et presque nulle chez *Siphonaria* et *Gadinia* (fig. 16). On sait, en effet, que, dans les formes très enroulées (exemple : *Monodonta, Helix* [4]), les deux lobes sont subégaux chez l'adulte; le lobe restant dans la spire, avec une partie de la glande génitale, pourrait donc, par déroulement et réduction de la spire, devenir plus petit que l'autre.

Mais alors, *Gundlachia,* qui est sénestre (Ancylide, forme déroulée aussi), montre de même le lobe morphologiquement postérieur plus petit, comme *Siphonaria* dextre : il semble donc qu'il n'y a pas de rapport constant entre le sens de la torsion et la situation du plus grand lobe du foie [5]. D'ailleurs, chez les Lamellibranches Protobranches [6], le lobe gauche est toujours plus grand que le droit, et il n'y a néanmoins aucune torsion ni asymétrie extérieure du corps.

1 PLATE, *Bemerkungen über die Phylogenie und die Entstehung der Asymmetrie der Mollusken* (LOC. CIT., p. 189).

2 HUTTON, *Notes on the structure and development of Siphonaria australis Q. & G.* (ANN. MAG. NAT. HIST., sér. 5, vol. IX, p. 343, pl. XV, fig. 11).

3 LACAZE-DUTHIERS, *Le système nerveux et les formes embryonnaires du Gadinia Garnoti* (COMPTES RENDUS, t. C, pp. 150-151).

4 FISCHER, *Recherches sur la morphologie du foie des Gastéropodes* (LOC. CIT., pp. 284 et 303).

5 THIELE a déjà fait remarquer que les deux lobes du foie sont subégaux dans les Gastropodes les plus archaïques (*Biol. Centralbl.*, Bd XXI, p. 276).

6 DREW, *Yoldia limatula* (MEM. BIOL. LABOR. JOHNS HOPKINS UNIV., t. IV, 3, p. 10).

2° **Cæcum pylorique.** — Cet organe se trouve répandu d'une façon générale chez les *Basommatophora*. Connu d'abord chez les Limnées, Planorbes et Ancyles, il a été retrouvé chez *Choanomphalus* [1], *Pulmobranchia* [2], *Gundlachia*, *Latia* (fig. 28, *cae.*).

On sait l'existence d'un appareil tout semblable dans divers Opisthobranches Bulléens (les « Ptéropodes Thécosomes [3] »). D'autre part, il se rencontre aussi chez des Streptoneures, mais seulement parmi les plus archaïques (Rhipidoglosses, *Ampullaria*, etc.). Et ce dernier est certainement homologue du caecum pylorique (à stylet cristallin) des Lamellibranches et des Céphalopodes (où il atteint parfois une taille considérable et est souvent spiralé comme celui des Rhipidoglosses). Enfin, le fait de l'avoir rencontré chez les Scaphopodes [4] le rend un organe commun à presque toutes les divisions des Mollusques.

4. — SYSTÈME EXCRÉTEUR.

1° **Rein définitif.** — D'après Behme [5], le rein définitif naîtrait, chez *Helix*, par invagination ectodermique, à côté du *rein larvaire*.

Suivant mes observations (sur *H. aspersa*), l'ébauche considérée par Behme comme l'origine du rein n'est autre chose que l'invagination qui produit la cavité palléale; celle-ci s'enfonce, en effet, à côté du rein larvaire.

Le rein définitif (chambre urinaire ou cavité excrétrice) naît, avec le cœur, d'une commune ébauche d'apparence mésodermique (fig. 100, *r.*), au fond de la chambre palléale.

[1] Dybowsky, *Die Gasteropoden-Fauna des Baïkal-See* (Mém. Acad. Sc. Saint-Pétersbourg, sér. 7, t. XXII).

[2] Pelseneer, *Prosobranches aériens et Pulmonés branchifères* (loc. cit., pl. XVI, fig. 21).

[3] Pelseneer, *Recherches sur divers Opisthobranches* (loc. cit., pp. 22 et 24).

[4] Pelseneer, *Recherches morphologiques et phylogénétiques sur les Mollusques archaïques* (Mém. cour. Acad. Belgique, t. LVII, pl. XXII, fig. 187, p. 59).

[5] Behme, *Beiträge zur Anatomie und Entwickelungsgeschichte des Harnapparates der Lungenschnecken* (Arch. für Naturgesch., 1889, pl. I, fig. A, N).

La partie tubulaire du rein (uretère) se forme de bonne heure par invagination ectodermique, dans l'intérieur et au dos de cette cavité palléale (fig. 93, *r.*), alors que le rein larvaire droit s'ouvre au pneumostome même (fig. 101, *o. r. la.*).

Dans *Limax*, d'après Meisenheimer, uretère et cavité palléale naîtraient par deux invaginations indépendantes et aucune portion de l'uretère ne proviendrait du poumon.

Chez *Helix*, l'uretère est rectiligne et très court (dans les plus jeunes stades étudiés). L'ébauche pleine du rein se creuse et se met en communication avec lui (par un orifice qui reste toujours étroit dans la suite : fig. 103) et avec la cavité péricardique (fig. 104, *o. r. p.*).

L'uretère s'allonge ensuite et se replie. La veille de l'éclosion, il est réfléchi deux fois sur lui-même; mais son ouverture est encore toujours éloignée du pneumostome. L'uretère « rectal » (Semper) ou secondaire est encore une gouttière sur toute sa portion distale (gouttière dont l'origine est très ancienne : dans l'épithélium plus élevé de cette partie de la cavité pulmonaire).

Et même trois jours après l'éclosion, les lèvres de cette gouttière uretérique (secondaire) ne sont pas encore rejointes (fig. 105, *ur''*.). L'uretère de l'adulte forme cependant un tube complet dans l'espèce considérée (*H. aspersa;* mais non dans toutes les autres espèces, ni dans *Buliminus*).

2° **Reins larvaires.** — Ils sont situés au côté antérieur du corps et présentent la forme d'un v, dont le sommet est dirigé dorsalement en arrière (*Helix aspersa*). Pour leur plus grande partie (distale) au moins, ils sont d'origine ectodermique. Leurs ouvertures extérieures sont, à droite, au pneumostome (fig. 101) (plus profondément dans les stades jeunes : fig. 86), à gauche, sous le bord du manteau.

De Meuron [1] et les Sarasin [2] attribuent à ces appareils un orifice interne

[1] De Meuron, *Sur les organes rénaux des embryons d'Helix* (Comptes rendus Acad. Paris, t. XCVIII, p. 694 : « ... je crois m'être assuré dans mes coupes de l'existence d'un orifice » interne qui m'a même paru muni de quelques cils vibratiles dirigés en arrière »).

[2] Sarasin, *Aus der Entwickelungsgeschichte der Helix Waltoni* (loc. cit., p. 49, pl. VII, fig. 9 et 10).

chez *Helix*, et Jourdain, chez *Limax* [1]. Mais de même que Meisenheimer a démontré que cet orifice intérieur supposé n'existe pas chez divers Stylommatophores, et notamment chez *H. lapicida* et *H. pomatia* [2], de même, je puis assurer que les reins larvaires de *Helix aspersa* ne possèdent pas davantage de « néphrostome » à aucun stade de développement.

L'extrémité intérieure de ces organes, enfoncée au milieu de cellules (mésodermiques) nuchales (fig. 102, *c. nu.*), est terminée par de grosses cellules faisant très fortement saillie extérieurement : cellules mésodermiques de Fol [3]. Ces cellules sans vacuole (fig. 102, *ce. ci.*) sont ciliées dans l'intérieur du tube (leurs cils ont été entrevus par de Meuron [4]); mais elles sont continues entre elles et avec les autres cellules épithéliales non ciliées du rein larvaire, comme les cellules correspondantes des autres Pulmonés étudiés par Meisenheimer [5] : il n'y a, en aucun point, une ouverture interne.

Il est permis de supposer que ces cellules ciliées sont le reste d'un néphrostome; que celui-ci est oblitéré par suite de la disparition de la cavité secondaire (espace coelomique) du corps dans cette région, et que la houppe ciliée des néphridies des Vers Plats a la même signification, sans que cette convergence indique aucune relation phylogénétique entre les deux groupes.

Quant au sort ultérieur de cet organe, dont Jourdain [6] dit qu' « on pourrait bien retrouver des vestiges chez l'adulte », il consiste, comme on le sait, pour les formes voisines, en une régression rapide; mais moins rapide dans *H. aspersa* que chez les autres Pulmonés étudiés — où ils ont toujours disparu *avant* la naissance [7]. En effet, au moment de l'éclosion, il y est

[1] Jourdain, *Sur les organes segmentaires et le podocyste des embryons de Limaciens* (Comptes rendus, t. XCVIII, p. 308 : « Ce tube est ouvert à ses deux extrémités »).

[2] Meisenheimer, *Zur Morphologie der Urniere der Pulmonaten* (Zeitschr. für wiss. Zool., Bd LXV, p. 716).

[3] Fol, *Sur le développement des Gastéropodes Pulmonés* (Arch. Zool. expér., sér. 1, t. VII, p. 188, fig. IX).

[4] De Meuron, *loc. cit.*, p. 694.

[5] Meisenheimer, *loc. cit.*, pl. XXXIII, fig. 13, 15, 16 et 17, et *Organogenese einer Lungenschnecke* (Zeitschr. für wiss. Zool., Bd LXIII, p. 581, pl. XXXIII, fig. 24-27).

[6] Jourdain, *loc. cit.*, p. 309.

[7] Gegenbaur, *Beiträge zur Entwickelungsgeschichte der Land-Pulmonaten* (Zeitschr. für wiss. Zool., Bd III, p. 381). — Fol, *loc. cit.*, p. 189. — Sarasin, *loc. cit.*, p. 49. — Meisenheimer, *Organogenese einer Lungenschnecke* (loc. cit., p. 584).

constitué comme chez l'embryon, et l'orifice externe y est encore ouvert. Mais les cellules vacuolisées s'aplatissent beaucoup et disparaissent alors; trois jours après l'éclosion, cette dégénérescence est achevée complètement et l'on ne retrouve plus jamais aucune trace de l'organe.

5. — SYSTÈME REPRODUCTEUR.

Triaulie du conduit génital. — On entend par « triaulie » (von Jhering[1]) la disposition que présentent les organes génitaux hermaphrodites lorsque le conduit femelle y est bifurqué de façon à présenter un oviducte et un vagin distincts. Il existe une triaulie *vraie* dans les Nudibranches Doridiens (fig. 106, I) et Elysiens (fig. 106, II).

La triaulie vraie existe-t-elle chez des Pulmonés Stylommatophora ?

1. — STYLOMMATOPHORA à orifices mâle et femelle écartés (Ditremata) :

1° *Oncidiidae.* — La triaulie supposée par Semper [2] dans ce groupe a été reconnue non existante par tous les auteurs qui ont étudié des formes de cette famille : Joyeux-Laffuie [3], Plate [4], von Wissel [5] et moi-même (voir plus haut);

2° *Vaginulidae.* — von Jhering, d'après ses observations personnelles [6] et à la suite d'observations de Semper [7], considère *Vaginula* comme triaule. Il y a, chez ce genre, une union entre le receptaculum seminis et le spermi-

[1] VON JHERING, *Giebt es Orthoneuren ?* (ZEITSCHR. F. WISS. ZOOL., Bd XLV, p. 518).

[2] SEMPER, *Ueber Brock's Ansichten über Entwickelung des Molluskengenitalsystems* (ARB. ZOOL. INST. WÜRZBURG, Bd VIII, p. 222).

[3] JOYEUX-LAFFUIE, *Organisation et développement de l'Oncidie* (ARCH. ZOOL. EXPÉR., sér. 1, vol. X, pl. XVIII, fig. 1).

[4] PLATE, *Studien über opisthopneumone Lungenschnecken,* II (ZOOL. JAHRB. [Anat. und Ontog.], Bd VII, p. 135, pl. X, fig. 50[a]).

[5] VON WISSEL, *Beiträge zur Anatomie der Gattung Oncidiella* (ZOOL. JAHRB. [Suppl. IV, drittes Heft], pl. XXXVI, fig. 25).

[6] VON JHERING, *Sur les relations naturelles des Cochlides et des Ichnopodes* (BULL. SCIENTIF. FRANCE ET BELGIQUE, pp. 210 et 211, pl. V, fig. 10).

[7] SEMPER, *loc. cit.*, p. 222.

ducte (fig. 50, *d. r. d.*); et j'ai même constaté que cette union est faite par un conduit creux (fig. 51). Mais cette disposition (fig. 106, III) est une *fausse* triaulie, le conduit femelle n'étant pas bifurqué comme dans les Doridiens et Elysiens (fig. 106, I et II).

2. — Autres Stylommatophora. — Des cas de triaulie sont signalés dans cinq genres :

1° *Helix* « *monstrueux* », à conduit reliant le spermoviducte au col du receptaculum seminis [1]; il n'est pas démontré que ce conduit était creux et établissait une communication réelle;

2° *Ariophanta raroguttata* « *wohl nur abnorm* » [2];

3° *Trochonanina percarinata* et *T. ibuensis* [3], à conduit allant de la « prostate » au col du receptaculum seminis, mais où il n'y avait pas d'orifice mâle extérieur [4], donc encore cas anormaux;

4° « *Zonites* » ou *Hyalinia* divers;

a. Z. intertexta, ligera et *suppressa* [5].

b. Z. arborea [6].

c. Z. nitida et *excavata* [7].

Dans tous ces « *Zonites* », Leidy, von Jhering, Moss et Taylor indiquent que le col de la poche copulatrice est bifurqué, une branche se rendant à l'extrémité du conduit mâle (pénis), l'autre au vagin (fig. 106, IV).

[1] Semper, *loc. cit.*, fig. dans le texte, p. 210.

[2] Semper, *Reisen im Archipel der Philippinen*, Bd III, Land-Mollusken, p. 53, pl. III, fig. 17.

[3] Pfeffer, *Beiträge zur Kenntniss des Hermaphroditismus und der Spermatophoren bei Nephropneusten Gasteropoden* (Arch. f. Naturgesch., 1878, p. 421).

[4] Ibidem, p. 423.

[5] Leidy, *Special Anatomy of the Terrestrial Gasteropoda of the United States* (Binney, *The terrestrial air-breathing Mollusks of the United States*, vol. I, pp. 224, 225, 227, pl. XII, fig. I, V, VIII).

[6] von Jhering, *Morphologie und Systematik des Genitalapparates von Helix* (Zeitschr. f. wiss. Zool., Bd LIV, pl. XIX, fig. 3, pp. 392-393). — Leidy (*loc. cit.*) a étudié *Z. arborea*, mais n'y mentionne pas la « triaulie ».

[7] Moss, *Preliminary note on the genitalia of Hyalinia nitida and excavata* (Journ. of Conchol., 1897, vol. VIII, p. 421). — Une figure de l'appareil reproducteur de *H. excavata* se trouve dans Taylor, *A Monograph of the Land and Fresh-Water Mollusca of British Isles*, pp. 370 (fig. 685) et 371 (fig. 686).

5° *Clausilia.* — Chez certaines espèces, il y aurait un canal d'union du receptaculum seminis (= poche copulatrice) à l'utérus (*Cl. biplicata, C. plicata, C. plicatula, C. cana* [1], *C. lineolata, C. nigricans, C. ventricosa, C. pumila* et même *Balea fragilis* [2]).

Les trois premiers cas (*Helix, Ariophanta, Trochonanina*) ne sont pas normaux.

Quant à celui des *Zonites* et des *Clausilia,* on reconnaît la nécessité de le contrôler [3]. J'ai donc étudié *Zonites* (*Hyalinia*) *excavata* et *Clausilia biplicata.*

A. *Hyalinia excavata.* — Le col de la poche copulatrice est réellement bifurqué (fig. 106, IV) : une branche va se joindre à l'oviducte près de son ouverture, mais l'autre, allant au pénis, ne débouche ni dans celui-ci ni au dehors [4]. Elle s'ouvre dans une gaine *close,* entourant le pénis et le sac du dard (fig. 119, *ap. r. s.*).

Il n'y a donc pas de vraie triaulie dans les *Zonites.* La constitution des conduits y avait été reconnue très exactement par Leidy : « in *Helix ligera, intertexta* and *suppressa,* it » (the penis) « is wholly enveloped in a sheat derived from a tubular ofset from the duct of the generative bladder » [5].

Hyalinia cellaria, étudié par coupes, a montré le col de la poche copulatrice indivis et se rendant à l'oviducte.

B. *Clausilia biplicata.* — D'après Lehman [6] et Wiegmann [7], le col de la poche copulatrice se bifurque vers le niveau où le spermiducte devient indépendant, et la branche qui ne se rend pas à la poche atteindrait l'utérus

1 LEHMAN, *Die lebende Schnecken und Muscheln in Pommern, insbesondern der Umgebung Stettins,* 1873, pp. 160, 164, 168, 171.

2 WIEGMANN, *Bemerkungen zur Anatomie der Clausilien* (JAHRB. D. DEUTSCH. MALAKOZOOL. GESELLSCH., 1878, Bd V, pp. 165 et 166, fig. 3, *b*).

3 Respectivement, Moss, *loc. cit.*, « Whether both these branchs are ducts or whether » one is only a muscular attachment, has not yet been verified. » — VON JHERING, *loc. cit.*, p. 390, note 1, « ... scheint Controlle durch Schnittserien immerhin geboten ».

4 Bien que TAYLOR (*loc. cit.*, p. 371) dise « opening in penis ».

5 LEIDY, *loc. cit.*, pp. 224 et 225.

6 LEHMAN, *loc. cit.*, p. 160.

7 WIEGMANN, *loc. cit.*, pp. 165 et 166, fig. 3, *b.*

peu après sa jonction avec le vagin. Wiegmann [1] attribue à cette branche un rôle important dans la fécondation : elle servirait à porter le sperme du receptaculum seminis dans la partie la plus profonde de l'oviducte. On a vu déjà que von Jhering considère cet exemple de triaulie comme devant être contrôlé.

L'examen de *Clausilia biplicata* montre bien en effet une branche ou conduit naissant de la portion terminale du col de la poche copulatrice (fig. 111, *ap. r. s.*) et se portant vers la masse glandulaire du conduit génital.

Mais les coupes transversales font voir :

1° Que ce conduit ne s'ouvre en aucun point dans l'utérus ou oviducte;

2° Qu'il ne se termine pas vers le point où naît le spermiducte (fig. 113, *ap. r. s.*);

3° Qu'il se continue plus loin ou plus profondément, partiellement enfoncé entre les cæca glandulaires de l'oviducte (fig. 110, *ap. r. s.*);

4° Qu'il se termine en cæcum (fig. 114, *ap. r. s.*), presque aussi loin de l'ouverture génitale que le fond de la poche copulatrice elle-même (fig. 111);

5° Enfin que cette branche, comme la poche copulatrice elle-même, renferme du sperme (fig. 113, *ap. r. s.*), ce qui montre bien qu'elle n'en est qu'une annexe.

Ni Lehman ni Wiegmann n'ont décrit leur « canal » pour les autres espèces : *solidula, punctata, parvula,* où l'on connaît l'existence d'un long appendice cæcal naissant vers l'origine de la poche copulatrice [2].

Le « canal » de ces auteurs, puisqu'il est aussi terminé en cæcum, correspond donc, à n'en pas douter, à cet appendice de la poche copulatrice (« branche copulatrice ») de ces derniers *Clausilia* et de divers autres genres voisins : *Helix* [3], *Buliminus* [4], etc.

[1] Ibidem, p. 167.

[2] Moquin-Tandon, *Histoire naturelle des Mollusques terrestres et fluviatiles de France,* t. I, p. 202, pl. XXIII, fig. 16, t. XXIV, fig. 1 et 3, *t.*

[3] Moquin-Tandon, *loc. cit.*, pl. XI, fig. 24; pl. XII, fig. 5; pl. XIV, fig. 19; pl. XVIII, fig. 23 (*Helix lapicida, H. niciensis, H. vermiculata, H. companyonis, H. aperta, H. alpina,* p. 202).

[4] Moquin-Tandon, *loc. cit.*, pl. XXI, fig. 8, 20 et 27; pl. XXII, fig. 3. — Paasch, *Beiträge zur genauere Kenntniss der Mollusken* (Arch. f. Naturgesch., 1845, pl. V, fig. 12 [*B. radiatus*]). — Jacobi, *Japonische beschalten Pulmonaten* (Journ. coll. Sc. Univ. Tokyo,

En effet, j'ai examiné, à ce point de vue, pour comparaison, *Buliminus obscurus*, et je l'ai trouvé conformé comme les *Clausilia* supposé triaules; c'est-à-dire que la poche copulatrice y présente aussi un long appendice, terminé en cæcum, accolé à la partie glandulaire de l'oviducte, la poche copulatrice et l'appendice ayant de part et d'autre des situations correspondantes : ce que montrent les figures 107 à 110, sur lesquelles on notera que *Clausilia* est sénestre, tandis que *Buliminus* est dextre.

Comme conclusion, nous pouvons donc dire que *Clausilia*, pas plus que *Zonites* (= *Hyalinia*), ne présente de conduit génital triaule, et, conséquemment aussi, que, parmi les Pulmonés Stylommatophora normalement constitués, il n'y a pas d'exemple de triaulie véritable.

6. — QUELQUES REMARQUES SUR LA PHYLOGÉNIE DES PULMONÉS.

1° Unité du groupe. — Je rappellerai d'abord qu'il ne doit plus y avoir aucun doute sur l'unité de conformation et d'origine du groupe : les *Stylommatophora* (= *Nephropneusta*, Jhering) et les *Basommatophora* (= *Branchiopneusta*, Jhering) ayant des cavités palléales strictement homologues, ce que montre l'existence de l'osphradium, observé dans les embryons de *Stylommatophora* (*Helix*, *Limax*, etc.), près de l'orifice pulmonaire, comme dans les *Basommatophora*.

2° Extension du groupe. — On peut affirmer que les diverses formes contestées — que certains auteurs revendiquent pour les Opisthobranches — sont des Pulmonés [1].

t. XII, 1898, pl. VI, fig. 115, *div.* [*Bul. Reinianus*]). — TAYLOR, *A Monograph of the Land and Fresh-Water Mollusca of British Isles*, fig. 361, p. 659 (*Bul. montanus*), etc.

[1] Sans vouloir les unir aussi étroitement que MAC DONALD, qui considère les *Siphonaria* comme appartenant aux « Onchidiidae » (*Further Observations on the Metamorphosis of Gasteropoda, and the Affinities of certain Genera, with an attempted Natural Distribution of the principal Families of the Order* [TRANS. LINN. SOC., vol. XXIII, p. 75]).

A. *Siphonariidae* et *Ancylidae*. — Comme on l'a vu plus haut (2e partie, 2, 3°), ce ne sont pas des Opisthobranches, mais des Pulmonés Basommatophores spécialisés.

B. *Oncidiidae*. — Ceux-ci sont considérés commes des Nudibranches, par P. et F. Sarasin [1], qui reprennent ainsi l'ancienne opinion de Brock, bien que celle-ci eût déjà été infirmée par Bergh. Les Sarasin s'appuient pour cela sur l'existence connue d'une larve veliger dans le développement de *Oncidiella;* pour le reste, ils tiennent les caractères d'organisation qui font ressembler cette famille aux Pulmonés pour le résultat d'une convergence [2]. Or, on peut admettre l'effet de la convergence dans des caractères *extérieurs,* mais non dans l'organisation profonde, comme la constitution des organes génitaux et du système nerveux qui les rapprochent des *Vaginula,* la conservation d'une cavité pulmonaire rudimentaire, l'ouverture du rein dans le rectum, comme chez divers *Limacidae,* etc.

Quant à ce qui regarde le veliger, on remarquera que *Oncidiella* éclot avec la forme de l'adulte [3], et que le stade veliger, comme le développement tout entier, se passe dans l'œuf. Au contraire, tous les Nudibranches qui possèdent le stade veliger, éclosent sous cette forme.

Les *Oncidiidae* sont des Pulmonés bien caractérisés. Mais c'est à juste titre que les Sarasin les écartent des *Auriculidae* [4], bien que ceux-ci possèdent également une larve veliger. Ils ne doivent pas, en effet, se trouver à la base de l'arbre phylogénétique des Pulmonés, où Plate mettait autrefois les *Ditremata* (= *Oncidium* + *Vaginula*) [5]; ils constituent des Stylommatophores spécialisés, ce que Plate reconnaît probablement aussi, puisqu'il considère maintenant les *Vaginula* comme « hochgradig differenzierte » [6].

1 Sarasin, *Die Land-Mollusken von Celebes* (loc. cit., p. 102).

2 Ibidem, p. 103.

3 Joyeux-Laffuie, *Organisation et développement de l'Oncidie* (Arch. Zool. expér., sér. 1, vol. X, p. 109).

4 Sarasin, *loc. cit.*, p. 103.

5 Plate, *Bemerkungen über die Phylogenie und die Entstehung der Asymmetrie der Mollusken* (Zool. Jahrb. [Anat. und Ontog.], Bd IX, p. 204).

6 Plate, *Ueber primitive und hochgradig differenzierte Lungenschnecken* (Verhandl. Deutsch. zool. Gesellsch., 1897, p. 119).

3° Formes primitives. — Ce ne sont pas, comme le veulent P. et F. Sarasin [1], les Basommatophores aquatiques du groupe des *Bulinus* (*Isidora, Pulmobranchia,* etc.). On a vu plus haut (2me partie, 2, *b*) que ces formes ne sont pas archaïques. Elles ne possèdent pas de ctenidium, en effet, mais une branchie palléale extrapulmonaire.

D'ailleurs, chez aucun Pulmoné on ne retrouve le ctenidium, ni dans *Siphonaria,* ni dans *Amphibola,* ni dans les Auriculides : les deux derniers sont tout à fait dépourvus de branchie, le premier possède seulement une branchie secondaire intrapulmonaire.

Ne pouvant donc trouver un caractère archaïque dans la présence d'un ctenidium, on peut le chercher dans la constitution des organes génitaux à orifice hermaphrodite, relié au pénis par une gouttière, ouverte ou close, et dans la longueur de la commissure viscérale. Or, à ce double point de vue, les plus rapprochés des Opisthobranches (Tectibranches Bulléens) sont *Auricula* (*Alexia*) et *Pythia,* qui représentent la souche des autres Pulmonés, comme je l'avais indiqué autrefois. Et Plate, bien qu'il ait autrefois combattu cette manière de voir [2], a reconnu depuis, par étude personnelle [3], que les *Auriculidae* sont bien les formes les plus primitives du groupe et celles qui présentent le plus de caractères communs aux deux subdivisions (*Stylommatophora* et *Basommatophora*).

Il y a donc tout lieu d'inférer que les *Auriculidae* sont les Pulmonés les plus voisins de la forme ancestrale unique du groupe et qu'il n'y a aucun motif de leur attribuer, comme P. et F. Sarasin [4], une origine indépendante des autres Pulmonés, avec lesquels ils offrent tant de caractères communs.

4° Formes « marines ». — Aucune d'elles n'est primitive : ni les *Oncidiidae,* parmi les *Stylommatophora,* ni les *Siphonaria, Gadinia* et *Amphibola,* parmi les *Basommatophora.*

[1] Sarasin, *Die Süsswasser Mollusken von Celebes,* p. 82.

[2] Plate, *Bemerkungen über die Phylogenie und die Entstehung der Asymmetrie der Mollusken* (loc. cit., p. 203).

[3] Plate, *Ueber primitive und hochgradig differenzierte Lungenschnecken* (loc. cit., pp. 126 et 127).

[4] Sarasin, *Die Land-Mollusken von Celebes,* p. 104.

A propos de ces trois derniers, Cooke dit cependant [1] : « There can be » doubt that all these are marine forms which are gradually becoming » accustomed to a *terrestrial* existence » ! Or ces formes sont manifestement (par leurs organes génitaux, par leur système nerveux concentré, etc.) beaucoup plus spécialisées, et plus éloignées des Tectibranches — souche des Pulmonés — que d'autres formes *terrestres* (Auriculides). Voilà pourquoi je n'admets pas l'opinion des Sarasin, d'après lesquels les formes aériennes (*Stylommatophora*) dérivent de Pulmonés aquatiques [2]; la souche commune des deux était déjà adaptée à la vie terrestre ou aérienne.

Et les *Siphonaria*, les *Gadinia*, les *Amphibola*, de même que les *Oncidium*, sont des formes aériennes ou terrestres, *secondairement adaptées à la vie marine littorale* (tout comme les Cétacés parmi les Mammifères). De là sont venues, par convergence, certaines analogies extérieures trompeuses avec les Tectibranches pour les trois premiers, avec les Nudibranches pour le dernier.

RÉSUMÉ.

1. — Au point de vue systématique.

1° *Otina* est un Auriculide plus spécialisé que les autres genres connus de cette famille : par le déroulement partiel du tortillon viscéral et par l'existence d'un conduit femelle propre ;

2° *Gadinia* et *Siphonaria* sont des Pulmonés Basommatophores secondairement adaptés à la vie marine (comme *Amphibola*);

3° *Latia* est très différent des Ancylides. Il est beaucoup moins spécialisé : par l'existence d'une grande cavité palléale et d'une longue commissure viscérale dont tous les centres ganglionnaires sont distincts;

4° *Gundlachia* et *Ancylus* (*Ancylidae*) sont des Pulmonés Basommatophores sans cavité palléale, très spécialisés en outre par l'acquisition d'une

[1] Cooke, *Molluscs* (Cambridge natural History, 1895, vol. III, p. 18).
[2] Sarasin, *Die Land-Mollusken von Celebes*, p. 100.

branchie palléale secondaire et la concentration très grande de leur système nerveux;

5° Les « Pulmonés à branchie » (*Planorbis, Ancylus, Bulinus,* etc.) ne sont nullement des formes primitives;

6° Les Basommatophora à coquille conique sont polyphylétiques, de trois souches différentes : *Latia* paraissant avoir son plus proche voisin dans *Chilina,* les *Siphonariidae* dans *Amphibola* et les Ancylides dans *Planorbis;*

7° Les *Oncidiidae* sont des Pulmonés Stylommatophores, secondairement réadaptés à la vie marine, comme les *Siphonariidae* ci-dessus. *Oncidiidae* et *Vaginulidae* sont des formes très spécialisées, les derniers notamment par la perte de la cavité palléale.

2. — Au point de vue morphologique.

1° Tous les Pulmonés possèdent (de chaque côté) un lobe latéral accessoire du centre cérébral. Il est d'origine différente de la masse principale de ce dernier : ce lobe prend naissance par une invagination ectodermique, et sa cavité d'invagination se conserve chez l'adulte, dans *Planorbis, Limnaea, Amphipeplea.* Une invagination correspondante forme un lobe accessoire cérébral chez les embryons de Céphalopodes (qui devient ultérieurement le « corps blanc »). Cette invagination est homologue à l'organe nuchal des Polychètes, et le centre nerveux qui en naît, au cerveau postérieur de ces derniers;

2° L'osphradium existe dans les Stylommatophores embryonnaires, au moins jusqu'à l'éclosion, à l'entrée de la cavité palléale, montrant l'homologie de cette cavité dans les Stylommatophores et les Basommatophores et conséquemment l'unité du groupe des Pulmonés;

3° La constitution de la commissure viscérale des Pulmonés montre que ces animaux ont subi la détorsion;

4° Dans les *Siphonariidae* et *Otina* adultes, le lobe du foie logé dans la spire est plus petit que l'autre. Il semble donc peu probable que ce soit la prédominance du lobe hépatique de la spire qui cause la torsion des Gastropodes;

5° La triaulie vraie du conduit génital hermaphrodite n'existe dans aucun Pulmoné.

EXPLICATION DES PLANCHES

Lettres communes à toutes les figures.

an.	Anus.
ao.	Aorte.
ap. r. s.	Appendice du receptaculum seminis.
aur.	Oreillette.
bi. f.	Bifurcation du conduit femelle.
br.	Branchie.
bra.	Bras.
bu.	Bulbe buccal.
ca. ce.	Cavité cérébrale.
ca. co.	Cavité coquillière.
ca. p.	Cavité palléale.
ca. t. i.	Cavité du tentacule invaginé.
ca. h.	Canal hépatique.
ca. r. p.	Canal réno-péricardique.
c. r. s.	Canal du receptaculum seminis.
cæ.	Cæcum.
car.	Cartilage.
ce. ci.	Cellules ciliées.
ce. n.	Cellules nuchales.
ce', ce'', ce'''.	Cerveau antérieur, moyen et postérieur.
co.	Cœur.
co. ce.	Commissure cérébrale.
co. c. pl.	Connectif cérébro-pleural.
co. la.	Cœur larvaire.
co. pe., co pe'.	Commissure pédieuse antérieure, postérieure.
co. vi.	Commissure viscérale.
co. vi'., co. vi''.	Parties supra- et infra-intestinale de la commissure viscérale croisée.
con. c. p.	Connectif cérébro-pédieux.
con. pl. p.	Connectif pleuro-pédieux.
coq.	Coquille.
cr.	Crête.
du. r. d.	Ductus receptaculo-deferentinus.
em.	Embryon.
en.	Entonnoir.
ep. co.	Épithélium coquillier.
g. ab.	Ganglion abdominal.
g. bu.	Ganglion buccal.
g. c.	Ganglion cérébral.
g. i. i.	Ganglion infra-intestinal.
g. o.	Ganglion olfactif.
g. op.	Ganglion optique.
g. osp.	Ganglion osphradial.
g. pa.	Ganglion pariétal.
g. pe.	Ganglion pédieux.
g. pl.	Ganglion pleural.
g. s. i.	Ganglion supra-intestinal.
g. st'., g. st''.	Ganglions stomato-gastriques, supra- et infra-œsophagiens.
ga. pe.	Gaine du pénis.
gl.	Glande.
gl. a.	Glande albuminipare.
gl. g.	Glande génitale.
gl. g. a.	Glande génitale accessoire.
gl. m.	Glande muqueuse.

gl. m'., gl. m''.	Parties de la glande muqueuse.
gl. p.	Glande pédieuse.
gl. pa.	Glande palléale.
gl. pe.	Glande du pénis.
gl. s.	Glande salivaire.
gl. sg.	Glande sanguine.
hep.	Foie.
hep'.	Lobe hépatique de la spire.
i. lo. l.	Invagination du lobe latéral du cerveau.
in.	Intestin.
la.	Lacune.
lo. d.	Lobe dorsal du cerveau.
lo. l.	Lobe latéral du cerveau.
lo. p. i.	Lobe palléal inférieur.
ma.	Mandibule.
mu.	Mufle.
mus.	Muscle.
mus. c.	Muscle columellaire.
mus. r.	Muscle rétracteur.
mus. s.	Muscle de l'estomac.
n.	Nerf.
n. co.	Nerf columellaire.
n. ge.	Nerf génital.
n. la.	Nerf labial.
n. o.	Nerf optique.
n. osp.	Nerf osphradial.
n. pa.	Nerf palléal.
n. pa. p.	Nerfs palléo-pédieux.
n. par.	Nerf pariétal.
n. pe.	Nerf pénial.
n. p. i.	Nerf du lobe palléal inférieur.
n. te.	Nerf tentaculaire.
na.	Nageoire.
o.	Bouche.
oc.	Œil.
œ.	Œsophage.
o. ca. c.	Orifice de la cavité cérébrale.
o. f.	Orifice femelle.
o. g.	Orifice génital.
o. h.	Orifice hépatique.
o. m.	Orifice mâle.
o. ov.	Orifice de l'oviducte,
o. r.	Orifice rénal.
o. r. la.	Orifice du rein larvaire.
o. r. p.	Orifice réno-péricardique.
o. r. s.	Orifice du receptaculum seminis.
o. r. u.	Orifice du rein dans l'uretère.
o. sp.	Orifice du spermiducte.
o. va.	Orifice du vagin.
op.	Opercule.
or. n.	Organe nuchal.
osp.	Osphradium.
ot.	Otocyste.
ovi.	Oviducte.
p.	Pied.
pa.	Manteau.
p. d.	Poche du dard.
pe.	Pénis.
per.	Péricarde.
pha.	Pharynx.
pl.	Plissements.
pn.	Poumon.
pns.	Orifice pulmonaire.
po.	Podocyste.
pro.	Prostate.
ra.	Radula.
r.	Rein.
re.	Rectum.
re. s.	Receptaculum seminis.
ret. b.	Rétracteur du bulbe buccal.
ret. p.	Rétracteur du pénis.
r. la.	Rein larvaire.
si. c.	Sillon céphalique.
si. p.	Sillon pédieux.
sp.	Spermiducte.
spo.	Spermoviducte.
st.	Estomac.
stg.	Stomatogastrique.
t.	Tête.
te.	Tentacule.
te'., te''., te'''.	Tentacule antérieur, postérieur et palpe.

tri.	Trichodina.	*vel.*	Velum.
ur.	Uretère.	*ven.*	Ventricule.
ur'., *ur''.*	Uretère primaire et secondaire.	*ve. s.*	Vésicule séminale.
		vi.	Masse viscérale.
va.	Vagin.	*vit.*	Vitellus.
ve. c.	Veine cténidiale.	*z.*	Zooxanthelles.
ve. r.	Veine rénale.		

PLANCHE I.

Otina otis, Turton.

FIG. 1. — L'animal vivant, vu du côté gauche, × 17.
FIG. 2. — L'animal conservé, retiré de sa coquille, vu du côté droit, × 25.
FIG. 3. — Le même individu que dans la figure précédente, vu dorsalement, × 25.
FIG. 4. — Coupe transversale dans la région postérieure de la masse viscérale, passant par la partie musculaire de l'estomac, × 50.
FIG. 5. — Système nerveux central, vu dorsalement, × 30.
FIG. 6. — Coupe transversale passant par le point de jonction du receptaculum seminis et de l'oviducte, × 50.
FIG. 7. — Tube digestif, vu dorsalement, × 56.
FIG. 8. — Coupe transversale, passant par l'orifice femelle, × 50.
FIG. 9. — Organes génitaux, vus dorsalement, × 45.

PLANCHE II.

FIG. 10. — *Amphibola nux avellana*, plafond de la cavité palléale, séparé de la nuque par une section suivant la surface *x*, et vu par-dessous, × 4.
FIG. 11. — *Amphibola nux avellana*, coupe sagittale de la « branchie rudimentaire » supposée, × 175.
FIG. 12. — *Amphibola nux avellana*, trois coupes transversales de la partie antérieure de l'oreillette, × 21, passant : I, par le débouché de la veine palléale « cténidiale » dans l'oreillette; II, par la partie la plus antérieure de l'oreillette; III, par la partie tout à fait antérieure, où la veine rénale dorsale se jette dans l'oreillette.
FIG. 13. — *Siphonaria Lessoni*, coupe transversale passant par le fond de la glande pédieuse, × 35.
FIG. 14. — *Gadinia Garnoti*, vue dorsale d'un animal conservé, retiré de sa coquille, × 12 (les chiffres indiquent la direction des coupes dont les figures portent les numéros correspondants).

FIG. 15. — *Gadinia Garnoti* vivant, vu ventralement, × 12; une bulle d'air sort du pneumostome.
FIG. 16. — *Gadinia Garnoti* vivant, profil droit, × 8.
FIG. 17. — *Gadinia Garnoti*, coupe transversale passant par l'orifice mâle, × 35.
FIG. 18. — *Gadinia Garnoti*, coupe transversale passant par l'orifice femelle, × 35.

PLANCHE III.

Gadinia Garnoti (Payr).

FIG. 19. — Coupe transversale passant par les ganglions pédieux, × 35.
FIG. 20. — Coupe transversale passant par le point de séparation de l'oviducte et de la poche copulatrice, × 35.
FIG. 21. — Coupe transversale passant par le point de séparation de l'oviducte et du spermiducte, × 35.
FIG. 22. — Coupe transversale passant par la naissance de l'aorte, × 35.
FIG. 23. — Coupe transversale passant par le conduit hépatique antérieur, × 35.
FIG. 24. — Coupe transversale passant par le conduit hépatique postérieur, × 35.

PLANCHE IV.

Latia neritoides Gray.

FIG. 25. — L'animal conservé, retiré de sa coquille, vu dorsalement, × 10.
FIG. 26. — L'animal retiré de sa coquille, vu du côté droit, × 10.
FIG. 27. — L'animal retiré de sa coquille, vu ventralement, × 10.
FIG. 28. — Tube digestif, vu dorsalement, × 30.
FIG. 29. — Coupe transversale passant par les yeux, × 35.
FIG. 30. — Organes génitaux, vus dorsalement, × 24.
FIG. 31. — Système nerveux central, vu dorsalement, × 30; la position du bulbe buccal est marquée en pointillé.
FIG. 32. — Coupe transversale passant par la partie postérieure de l'ouverture palléale, × 21.
FIG. 33. — Coupe transversale passant par l'ouverture rénale, × 21.

PLANCHE V.

FIG. 34. — *Gundlachia* sp., retiré de sa coquille, vu du côté gauche, × 28.
FIG. 35. — *Gundlachia* sp., coupe transversale passant par l'osphradium, × 68.
FIG. 36. — *Gundlachia* sp., retiré de sa coquille, vu dorsalement, × 28.
FIG. 37. — *Gundlachia* sp., coupe transversale passant par l'estomac, × 68.

Fig. 38. — *Gundlachia* sp., rein vu dorsalement, × 60.
Fig. 39. — *Ancylus fluviatilis*, coupe transversale passant par le cœur, × 21.
Fig. 40. — *Neohyalimax brasiliensis*, vu du côté droit, × 2.
Fig. 41. — *Neohyalimax brasiliensis*, coquille, vue ventralement, × 2.
Fig. 42. — *Neohyalimax brasiliensis*, mandibule, vue antérieurement, × 6.
Fig. 43. — *Neohyalimax brasiliensis*, radula : I, dent médiane; II, dent latérale et III, dent marginale de la moitié gauche d'une même rangée, × 175.
Fig. 44. — *Neohyalimax brasiliensis*, coupe transversale passant par l'ouverture palléale, × 14.
Fig. 45. — *Oncidiella patelloides*, vu ventralement, × 3.
Fig. 46. — *Oncidiella patelloides*, coupe transversale passant par l'ouverture femelle, × 14.

PLANCHE VI.

Fig. 47. — *Oncidiella patelloides* coupe transversale passant par l'ouverture du rein dans le rectum, × 14.
Fig. 48. — *Oncidiella patelloides*, coupe transversale passant par l'ouverture palléale (« pulmonaire »), × 14.
Fig. 49. — *Vaginula (occidentalis ?)*, vu du côté droit, le manteau partiellement enlevé de ce côté, pour mettre à nu le rein et le péricarde; le trait interrompu indique le parcours terminal de l'intestin, × 3.
Fig. 50. — *Vaginula occidentalis*, organes génitaux, vus dorsalement, × 4.
Fig. 51. — *Vaginula occidentalis*, coupe passant par l'union du spermiducte et du canalis « receptaculo-deferentinus », × 42.
Fig. 52. — *Vaginula occidentalis*, coupe transversale passant par l'ouverture du rein dans l'uretère, × 14.
Fig. 53. — *Vaginula occidentalis*, coupe transversale passant par l'ouverture de l'uretère dans le rectum, × 14.
Fig. 54. — *Vaginula occidentalis*, coupe transversale passant par l'orifice réno-péricardique, × 14.
Fig. 55. — *Vaginula occidentalis*, coupe transversale passant par les trois replis de l'uretère primaire, × 14.

PLANCHE VII.

Fig. 56. — *Limnaea stagnalis* adulte, système nerveux central, vu du côté droit, × 20.
Fig. 57. — *Limnaea stagnalis* adulte, système nerveux central, coupe transversale passant par les centres cérébraux, × 50.
Fig. 58. — *Limnaea stagnalis* adulte, portion gauche de la coupe précédente, × 175.
Fig. 59. — *Planorbis corneus*, système nerveux central, coupe transversale passant par les centres cérébraux, × 68.
Fig. 60. — *Planorbis corneus*, portion droite de la région moyenne de la coupe précédente, × 270.
Fig. 61. — *Auricula myosotis*, coupe transversale des centres cérébraux, × 68.

Fig. 103. — *Helix aspersa*, embryon du quatorzième jour, coupe transversale passant par l'ouverture du rein définitif dans l'uretère, × 50.

Fig. 104. — *Helix aspersa*, embryon à la veille d'éclore, coupe transversale passant par l'orifice extérieur de l'uretère dans la cavité palléale, × 50.

PLANCHE XIII.

Fig. 105. — *Helix aspersa*, trois jours après l'éclosion, coupe transversale passant par le point le plus postérieur, où la gouttière uretérique est encore ouverte, × 35.

Fig. 106. — Schemas des conduits génitaux : I, de Doridien (triaulie vraie); II, de Elysien (triaulie vraie); III, de *Vaginula* (fausse triaulie complète); IV, de *Zonites* (fausse triaulie incomplète).

Fig. 107. — *Bulimus obscurus*, coupe transversale passant par la poche copulatrice et son canal, × 35.

Fig. 108. — *Bulimus obscurus*, coupe transversale la plus postérieure sur laquelle l'appendice de la poche copulatrice soit visible, × 35.

Fig. 109. — *Clausilia biplicata*, coupe transversale passant par le point où l'appendice de la poche copulatrice se sépare du canal de celle-ci, × 35.

Fig. 110. — *Clausilia biplicata*, coupe transversale passant par la partie glandulaire du spermoviducte, avant la naissance du spermiducte, × 35.

PLANCHE XIV.

Fig. 111. — *Clausilia biplicata*, partie antérieure des conduits génitaux, × 25.

Fig. 112. — *Clausilia biplicata*, coupe transversale passant par la partie la plus large de la « branche » copulatrice, × 30.

Fig. 113. — *Clausilia biplicata*, coupe transversale, passant par la naissance du spermiducte, × 30.

Fig. 114. — *Clausilia biplicata*, coupe transversale passant par le fond de la « branche » copulatrice, × 30.

Fig. 115. — *Zonites excavatus*, coupe transversale passant en arrière de la séparation de la poche copulatrice et de sa « branche », × 35.

Fig. 116. — *Zonites excavatus*, coupe transversale passant par l'union de la poche copulatrice et de sa « branche », × 35.

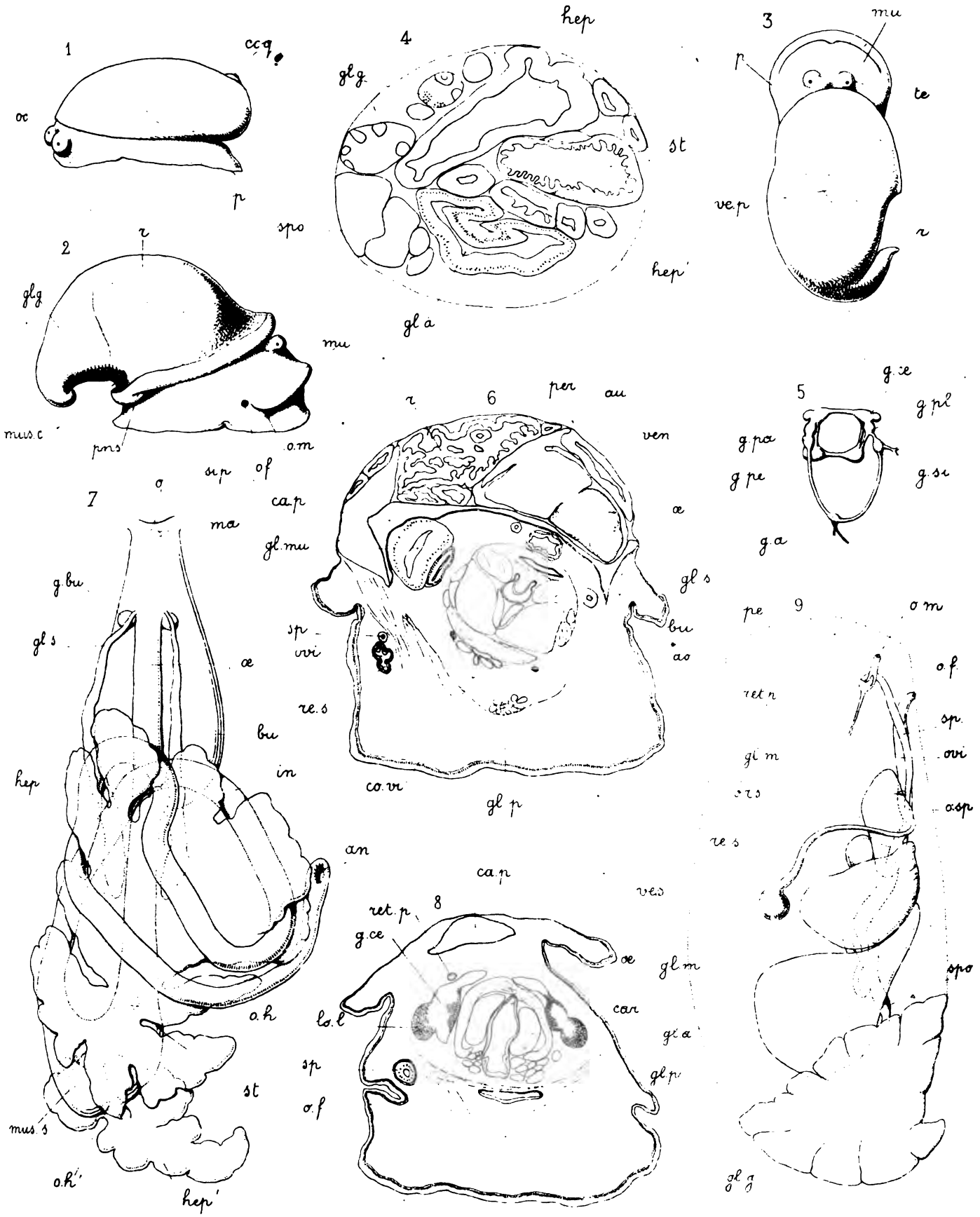
Fig. 117. — *Zonites excavatus*, coupe transversale des conduits génitaux, passant par le cloaque, × 68.

Fig. 118. — *Zonites excavatus*, coupe transversale des conduits génitaux, passant par la poche du dard, le pénis et le conduit femelle, × 68.

Fig. 119. — *Zonites excavatus*, coupe transversale des conduits génitaux, passant par l'ouverture de la branche copulatrice dans la gaine du pénis, × 68.

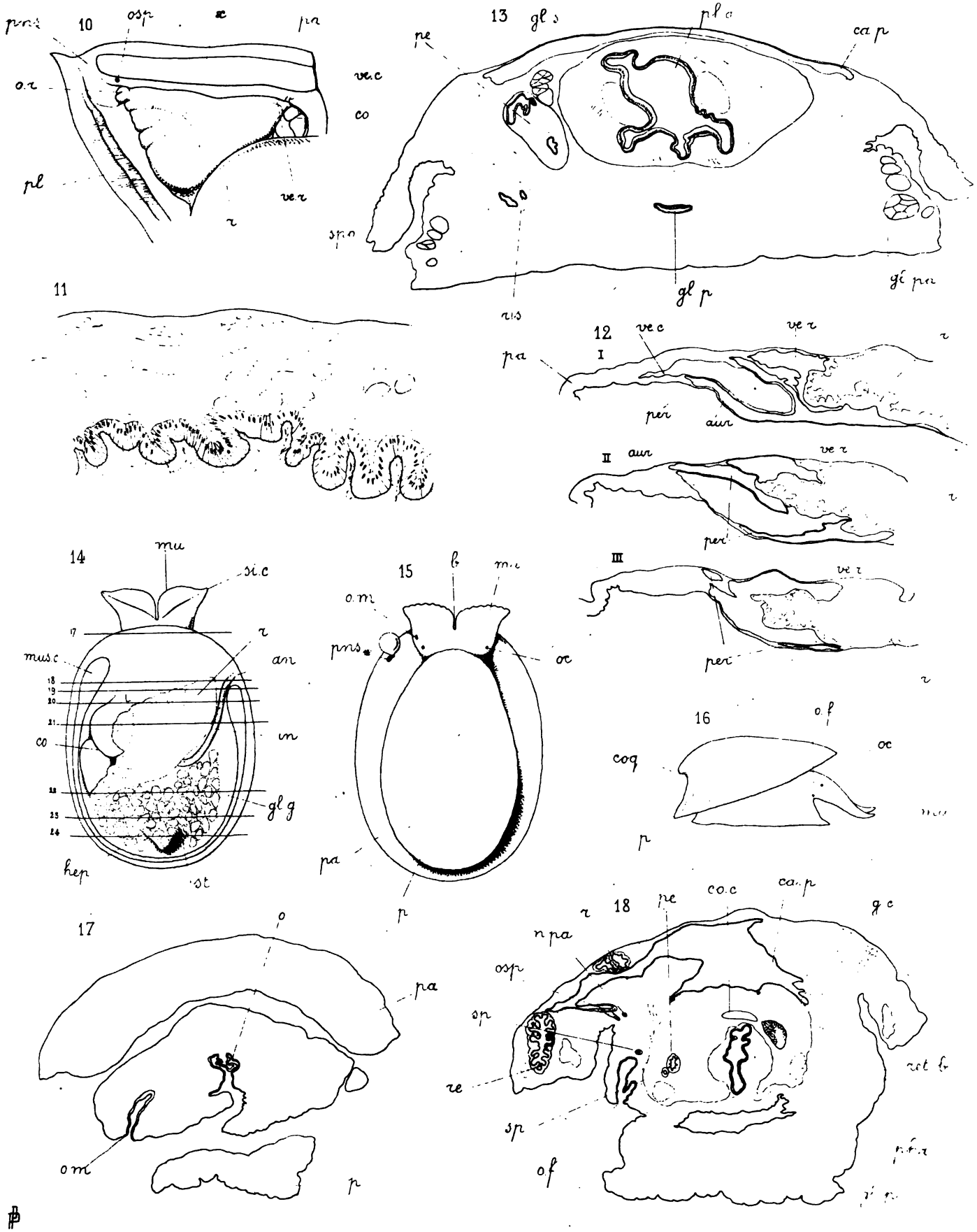
Fig. 120. — *Zonites excavatus*, coupe transversale des conduits génitaux, passant par la séparation de l'oviducte et de la poche copulatrice, × 68.

Fig. 121. — *Zonites excavatus*, coupe transversale des conduits génitaux, passant en arrière de la précédente.



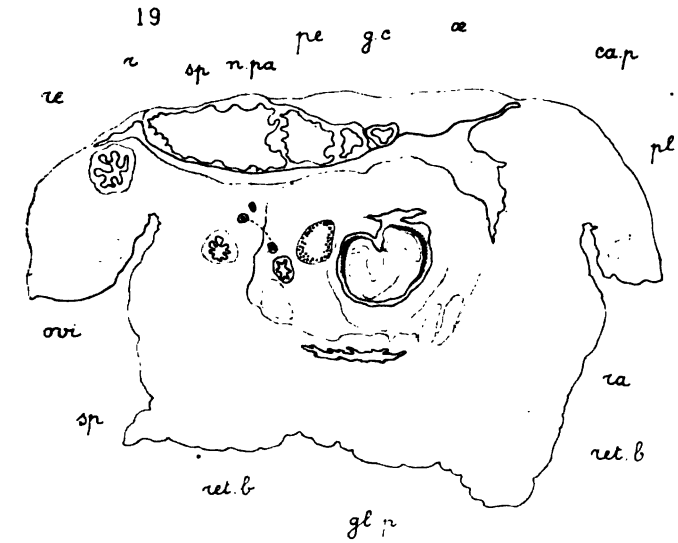
PAUL PELSENEER DEL.

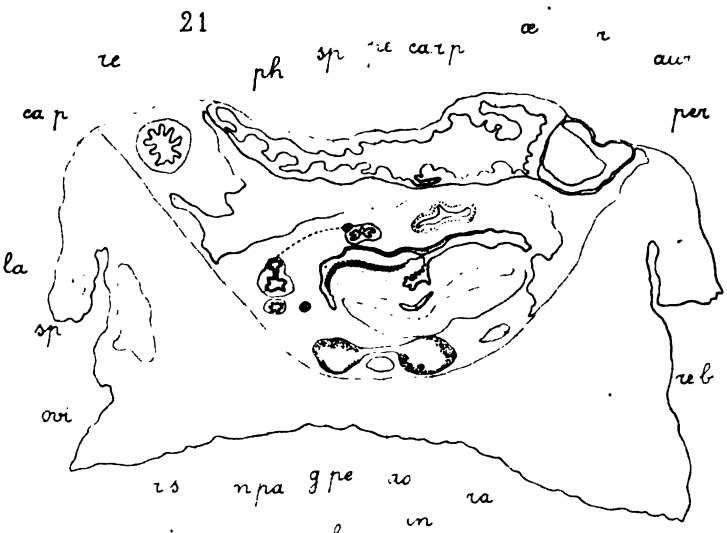
F. DRICOT & Cie, PHOT.

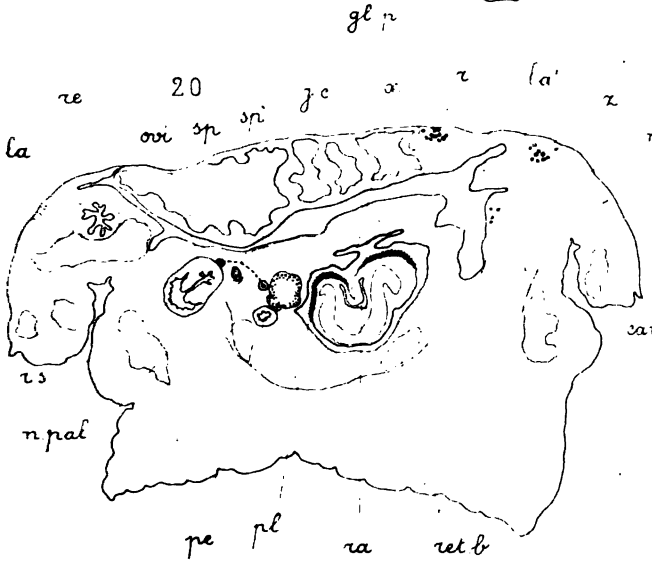


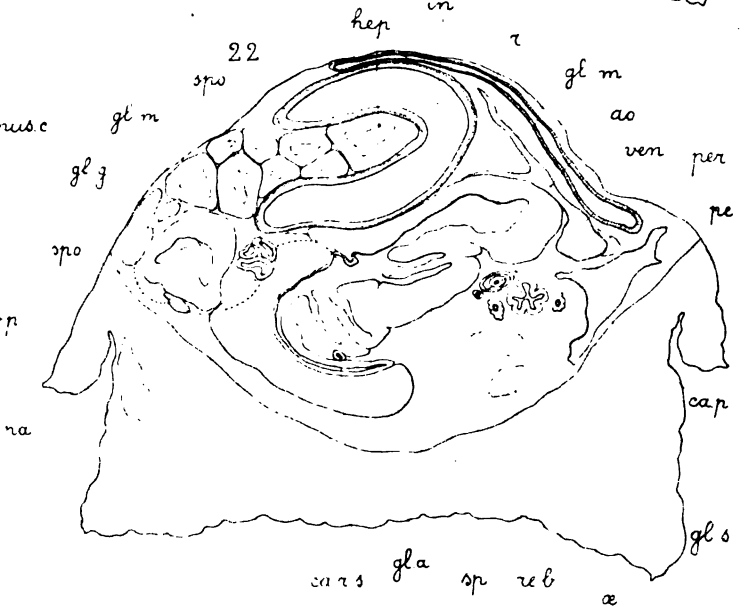
PAUL PELSENEER DEL.

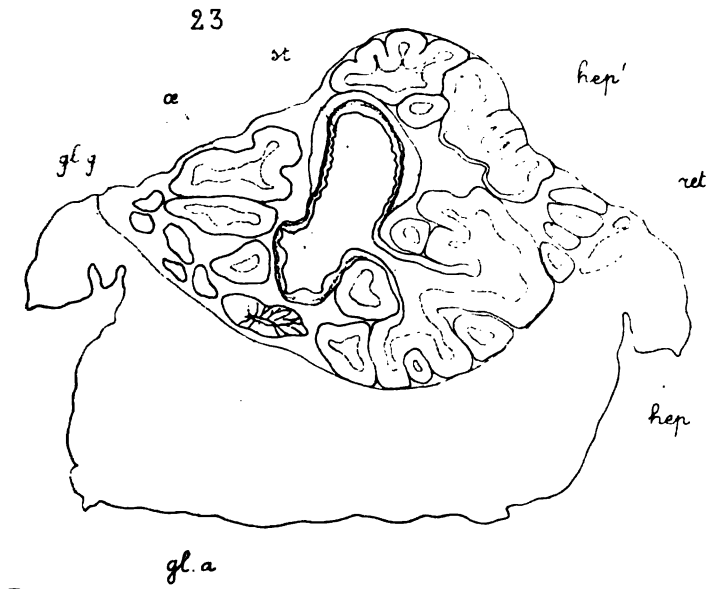
F. DRICOT & C^ie^, PHOT.

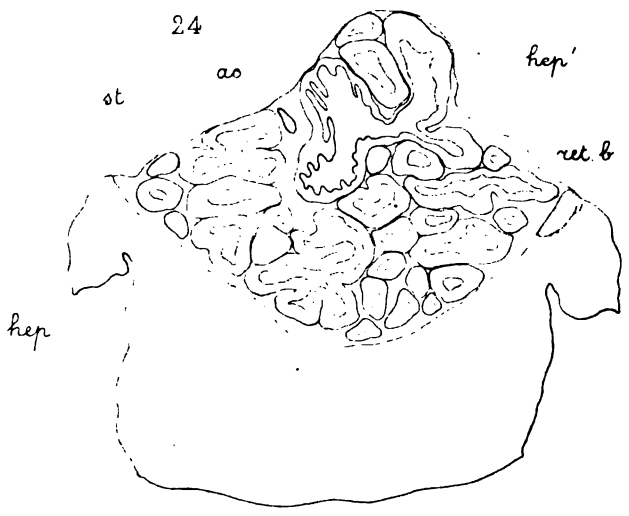






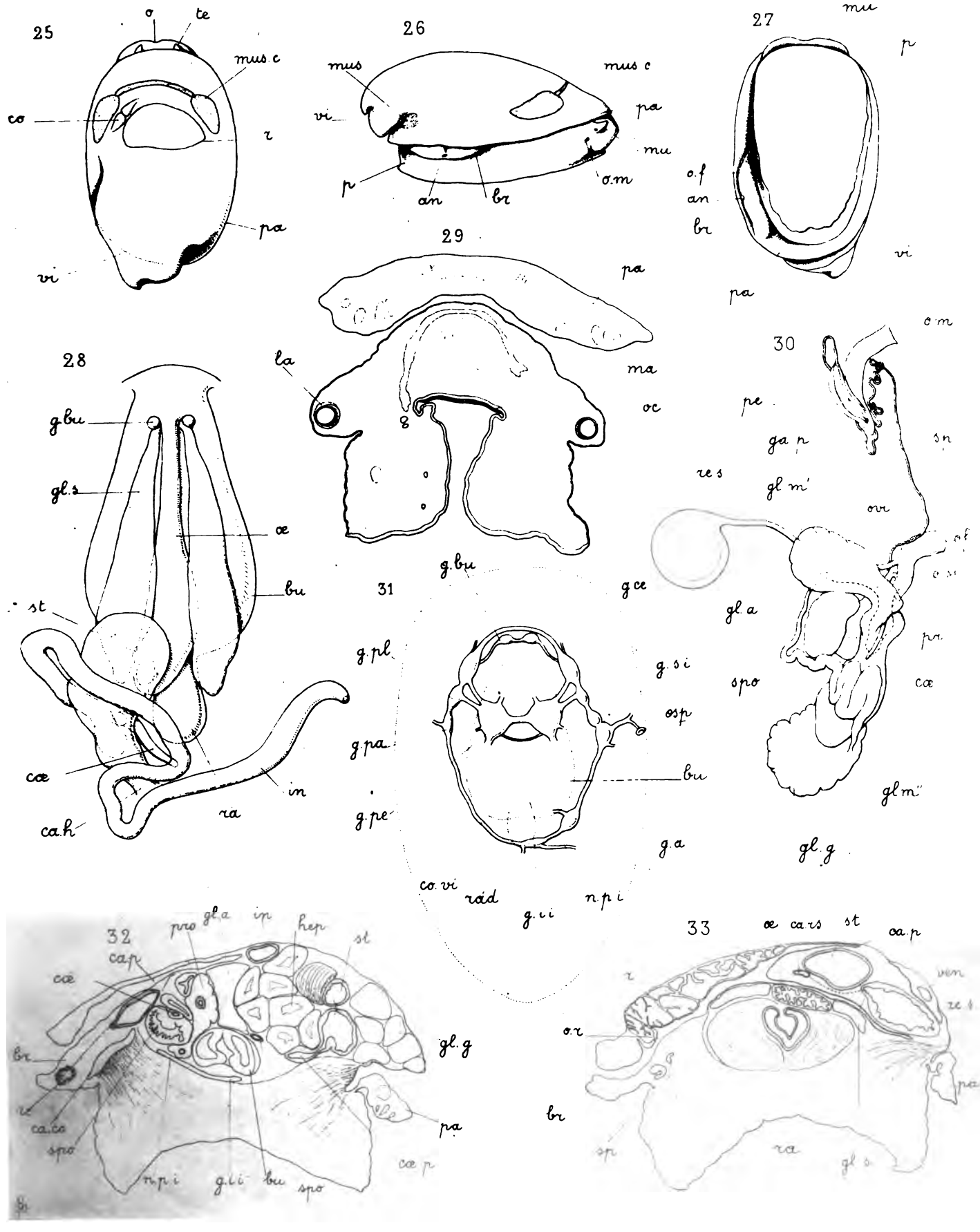






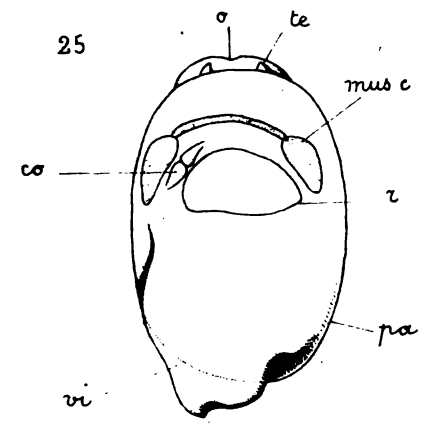
PAUL PELSENEER DEL.

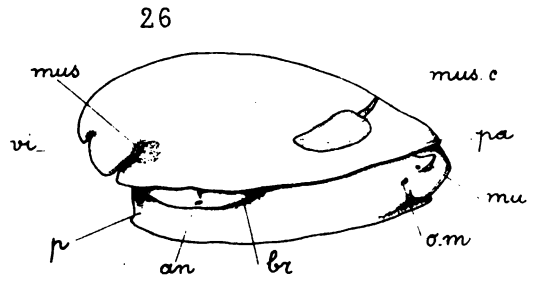
F. DRICOT & C^ie^, PHOT.

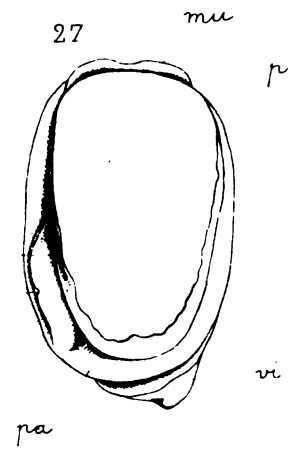


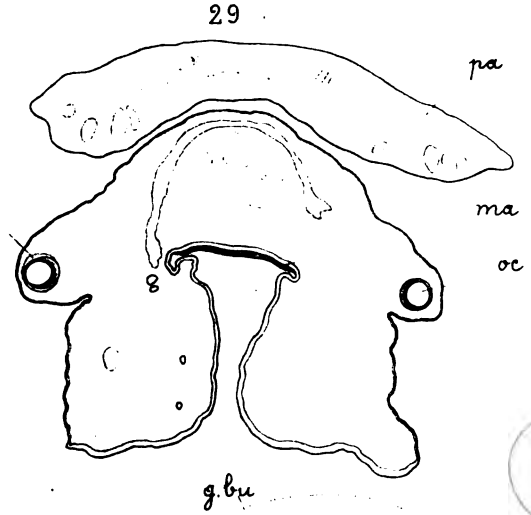
PAUL PELSENEER DEL.

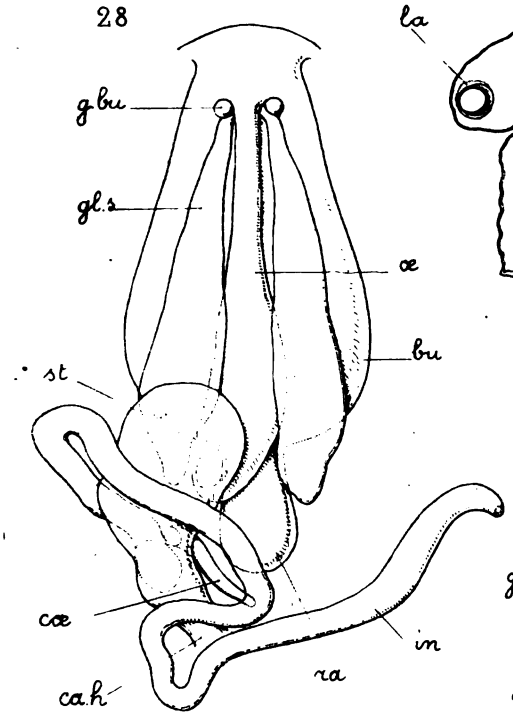
F. DRICOT & C^ie^, PHOT.

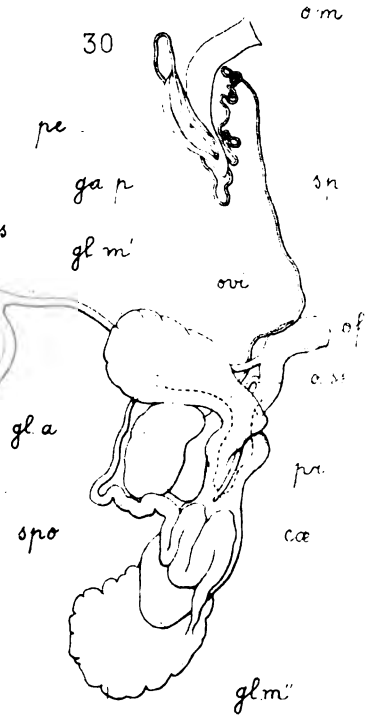

25
o
te
mus c
co
r
pa
vi

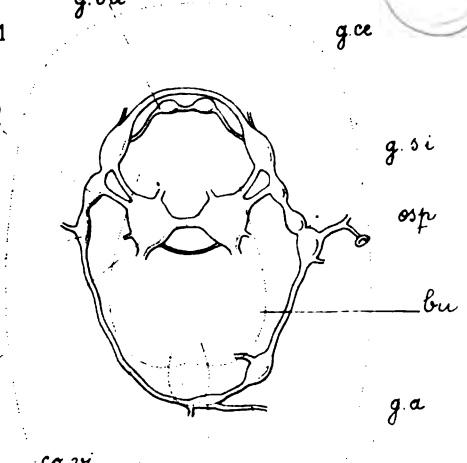

26
mus
mus c
vi
pa
mu
p
o.m
an
br

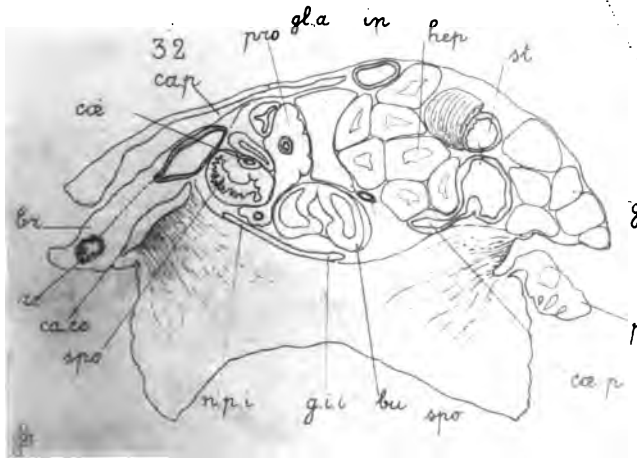

27
mu
p
o.f
an
br
vi
pa

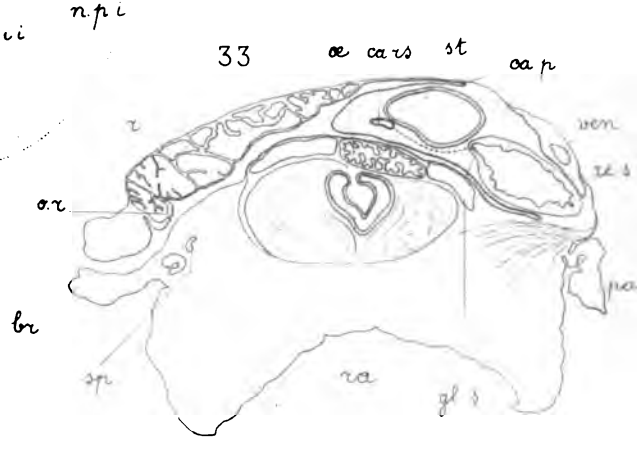

29
pa
la
ma
oc
8
g.bu

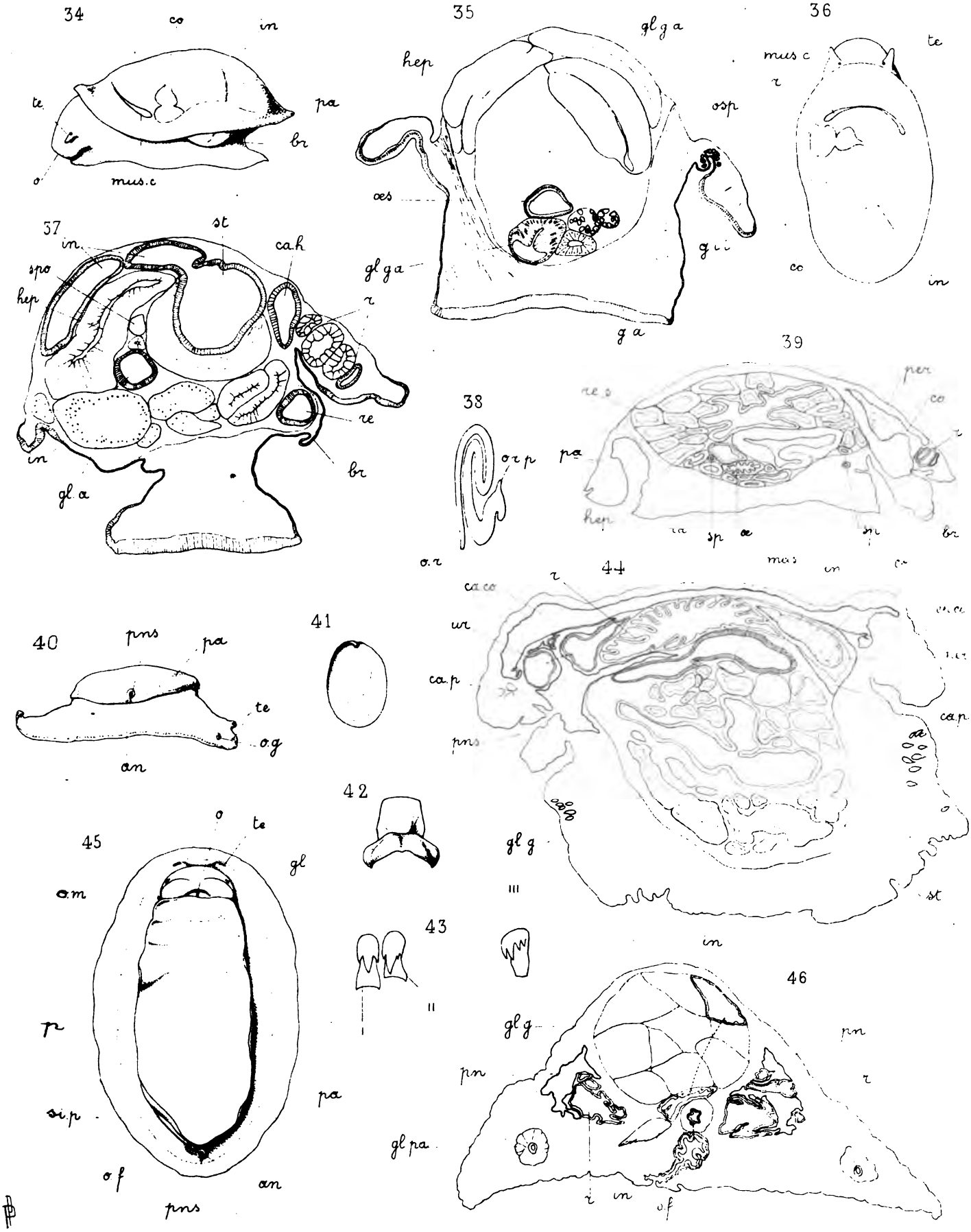

28
g.bu
gl.s
œ
bu
st
cœ
in
ca.h
ra

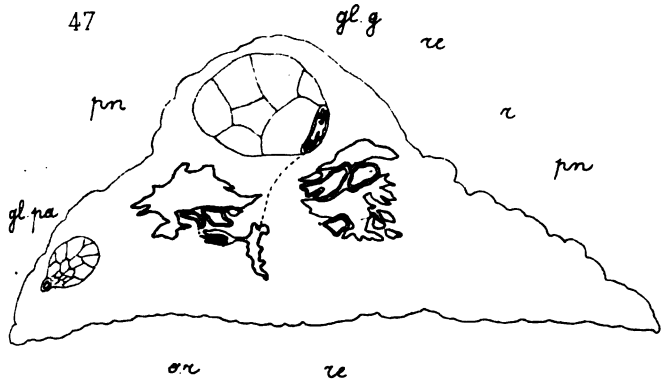

30
o.m
pe
ga.p
sp
re.s
gl.m'
ov
o.f
gl.a
pr.
spo
cœ
gl.m''
gl.g

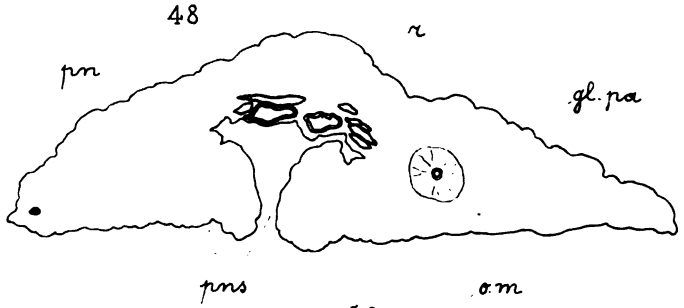

31
g.ce
g.pl
g.si
osp
g.pa
bu
g.pe
g.a
co.vi
raid
g.ci
n.p.i

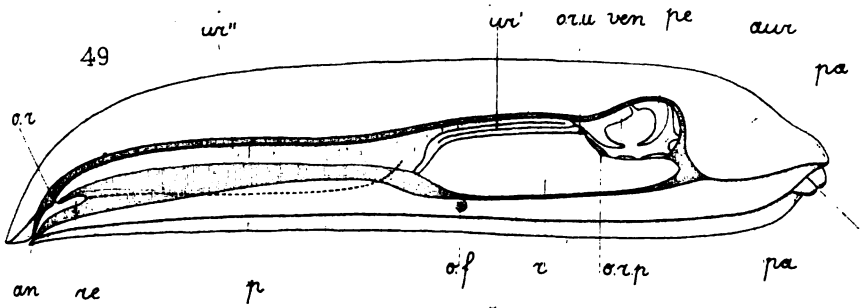

32
pro
gl.a
in
hep
st
cap
cœ
gl.g
br
ca.ce
spo
pa
n.p.i
g.ci
bu
spo
cœ.p

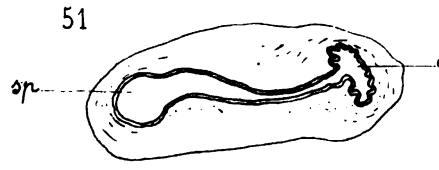

33
œ
cer.s
st
oa.p
r
ven
re.s
o.r
pa
br
sp
ra
gl.s

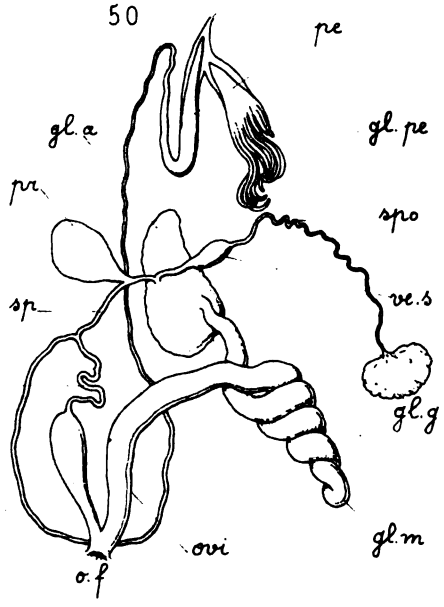

34
co
in
te
pa
br
o
mus.c
35
glga
hep
osp
œs
glg
ga
36
mus c
te
r
co
in
37
st
in
ca.h
spo
hep
glga
r
re
br
in
gl.a
38
orp
pa
o.r
39
per
co
hep
sp œ
br
40
pns
pa
te
o.g
an
41
42
43
II
44
r
ca.co
ur
ca.p
pns
glg
III
in
st
45
o
te
gl
o.m
pr
si.p
pa
of
an
pns
46
glg
pn
r
gl pa
r
in
of

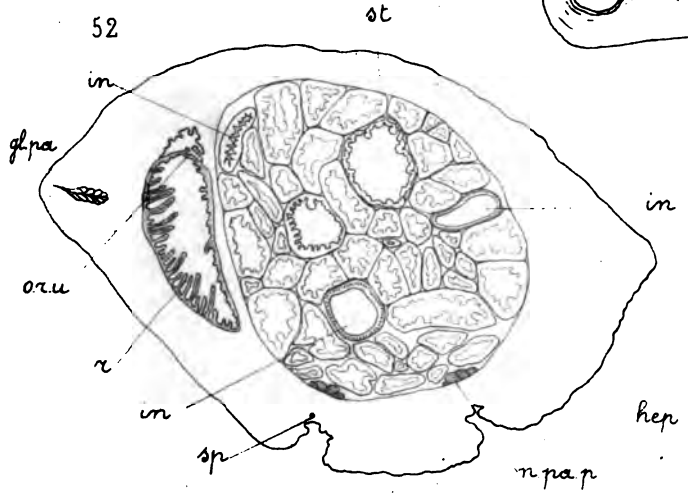

47
gl.g
re
pn
r
pn
gl.pa
or
re

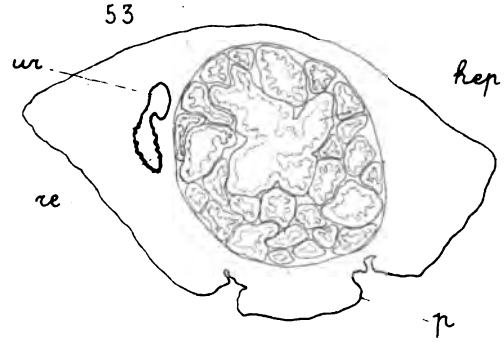

48
r
pn
gl.pa
pns
o.m

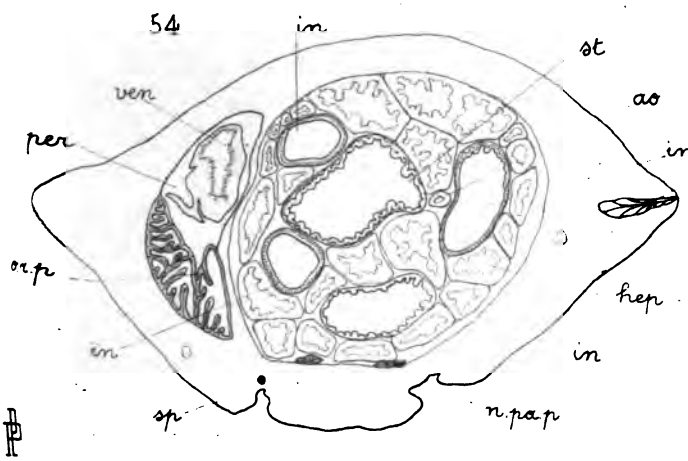

49
ur''
ur'
o.u
ven
pe
aur
pa
o.r
ten
an
re
p
o.f
r
o.p
pa

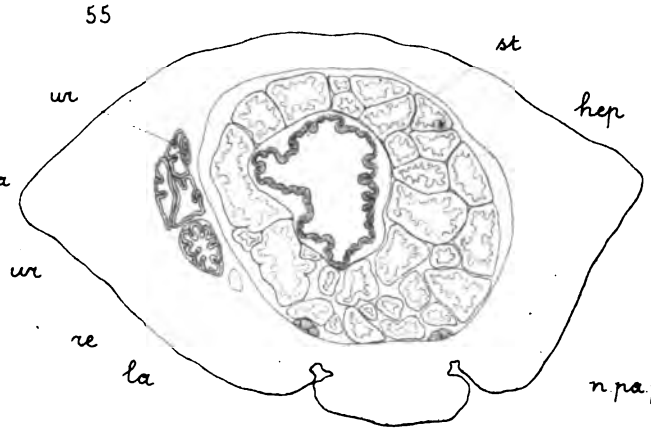

51
sp
dr.d
dr.d

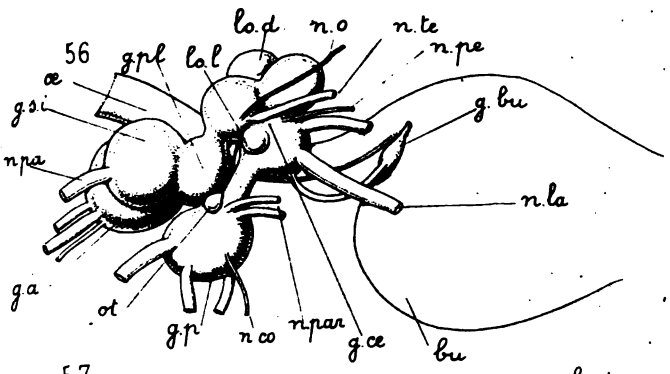

50
pe
gl.a
gl.pe
pr
spo
sp
ve.s
gl.g
re.s
ovi
gl.m
o.f

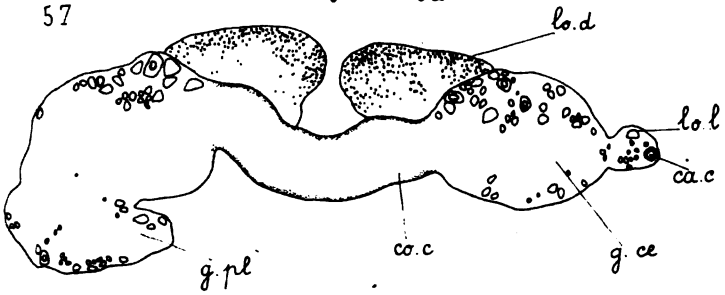

52
st
in
gl.pa
in
o.r.u
r
in
hep
sp
n.pa.p

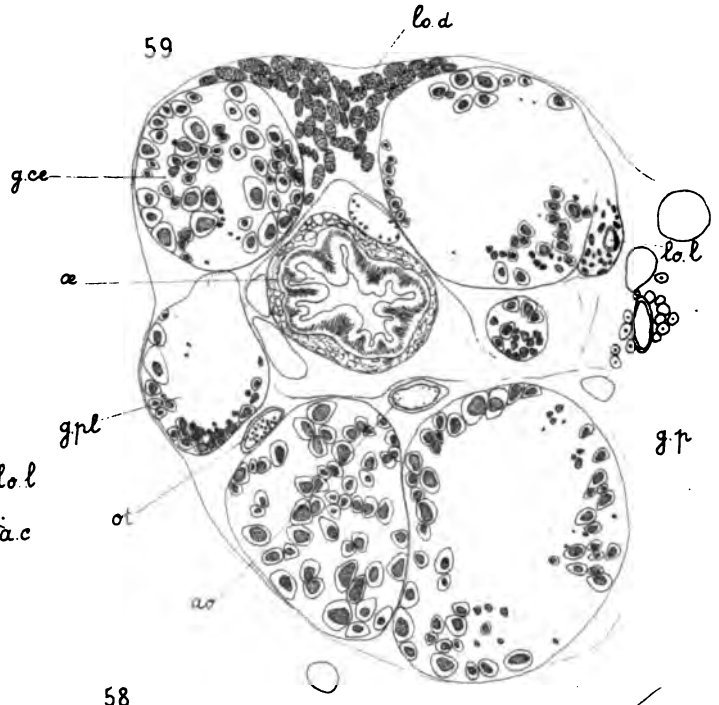

53
ur
hep
re
p

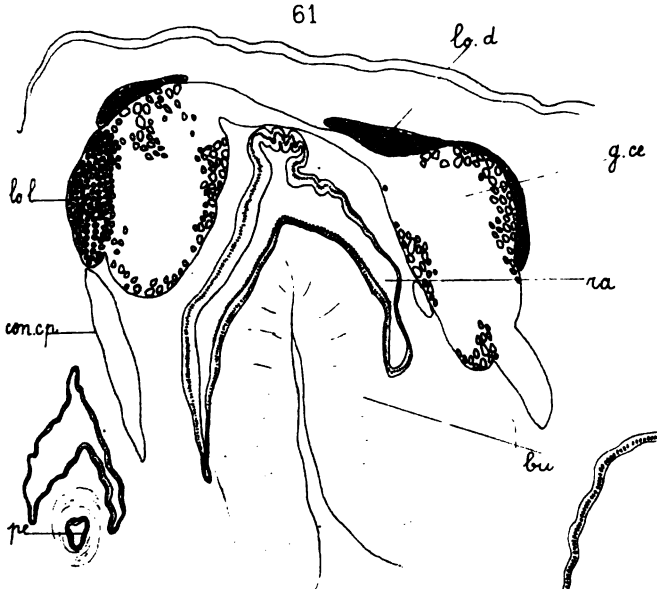

54
in
st
ven
ao
per
in
gl.pa
o.p
hep
en
in
sp
n.pa.p

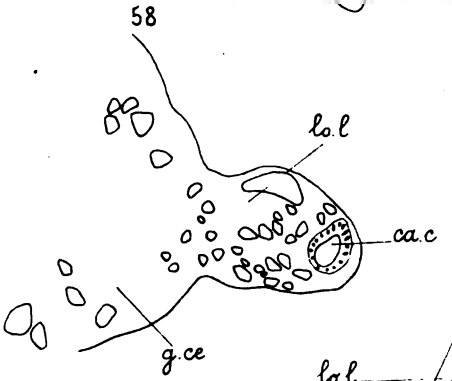

55
st
ur
hep
ur
re
la
n.pa.p

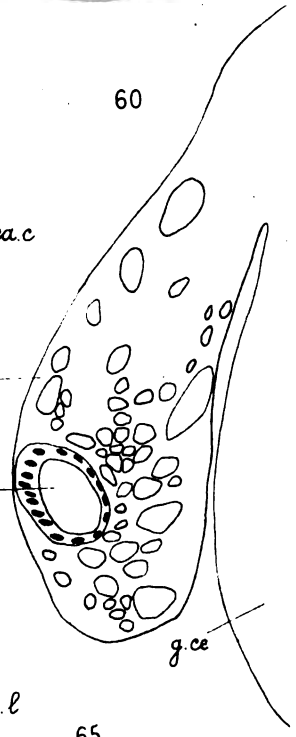


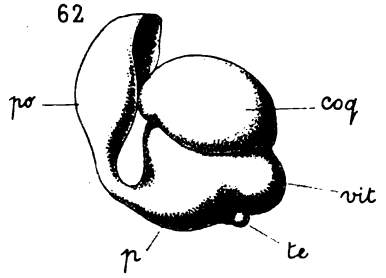


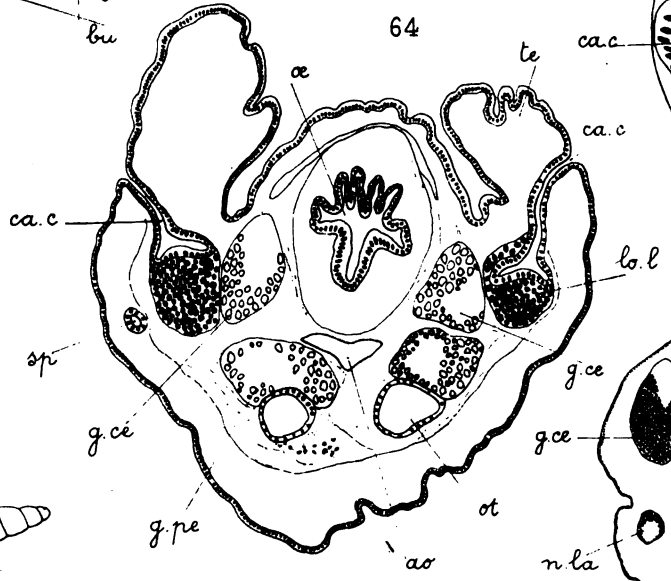


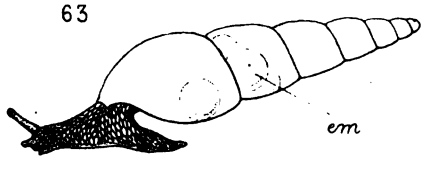


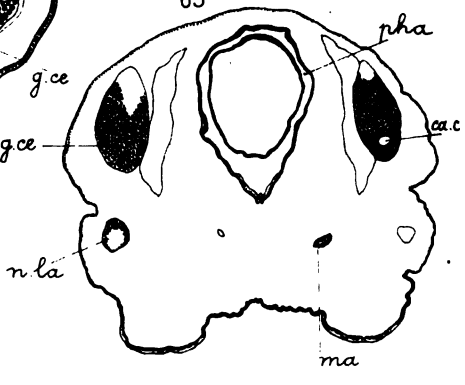






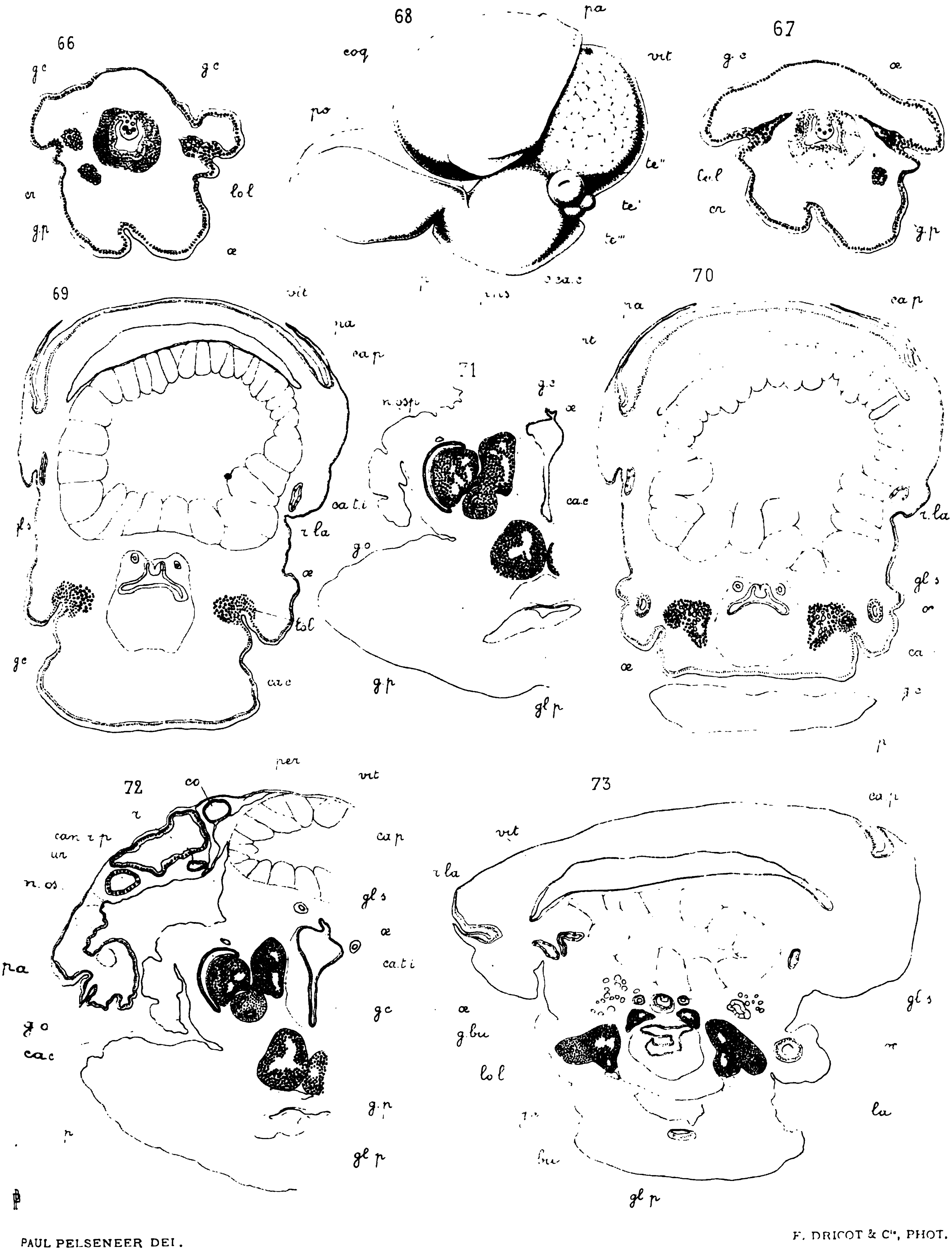






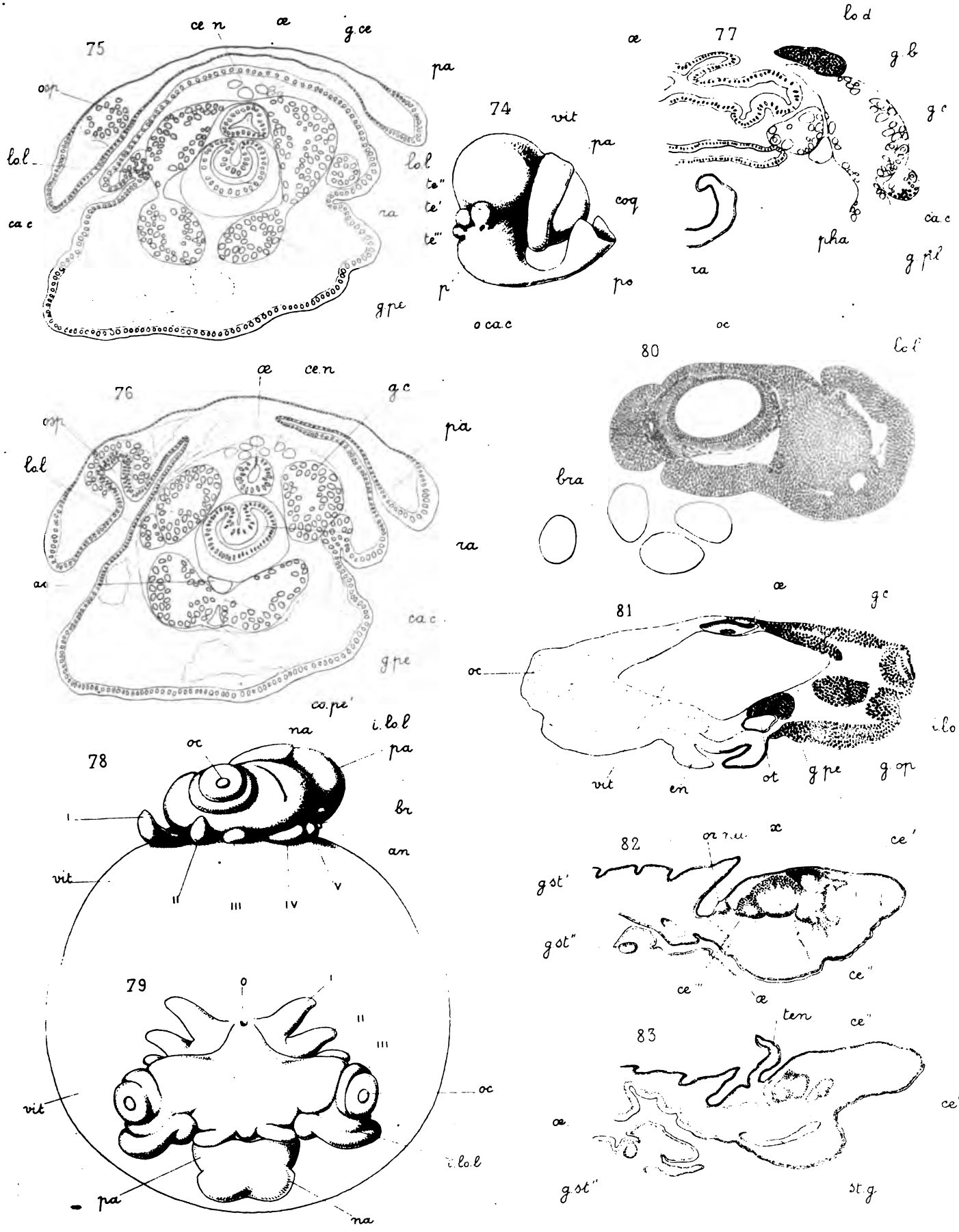
PAUL PELSENEER DEL.

F. DRICOT & C^ie^, PHOT.



PAUL PELSENEER DEL.

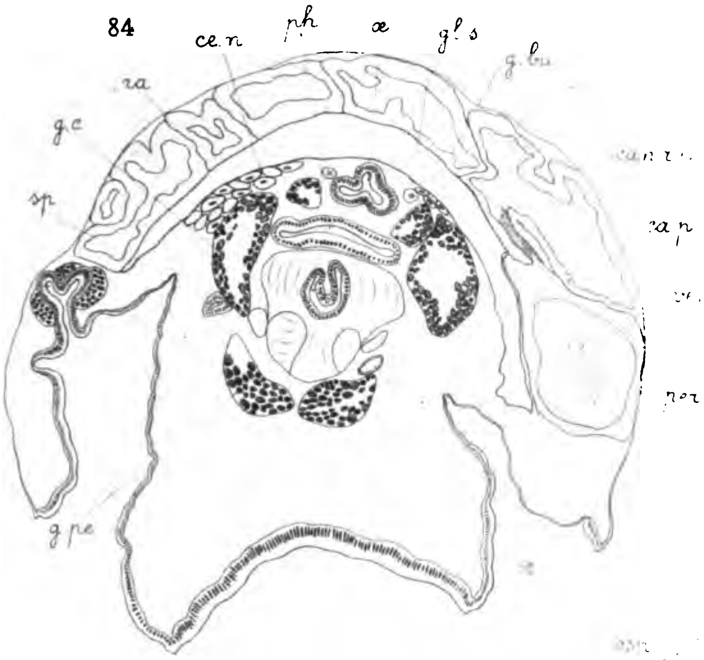
F. DRICOT & C^ie, PHOT.



PAUL PELSENEER DEL.

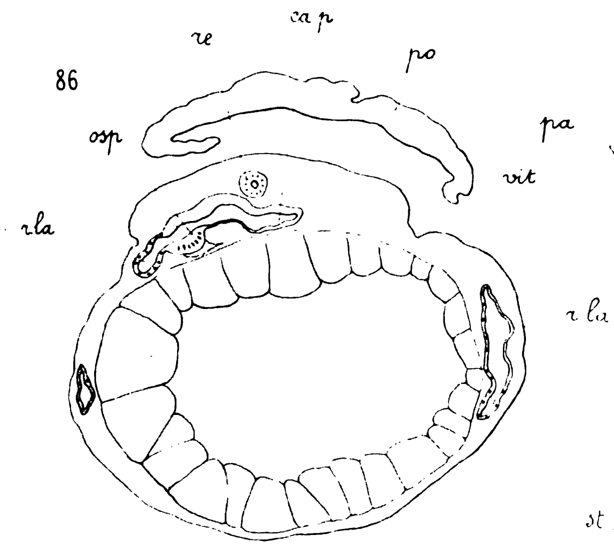
F. DRICOT & C^ie^, PHOT.

84

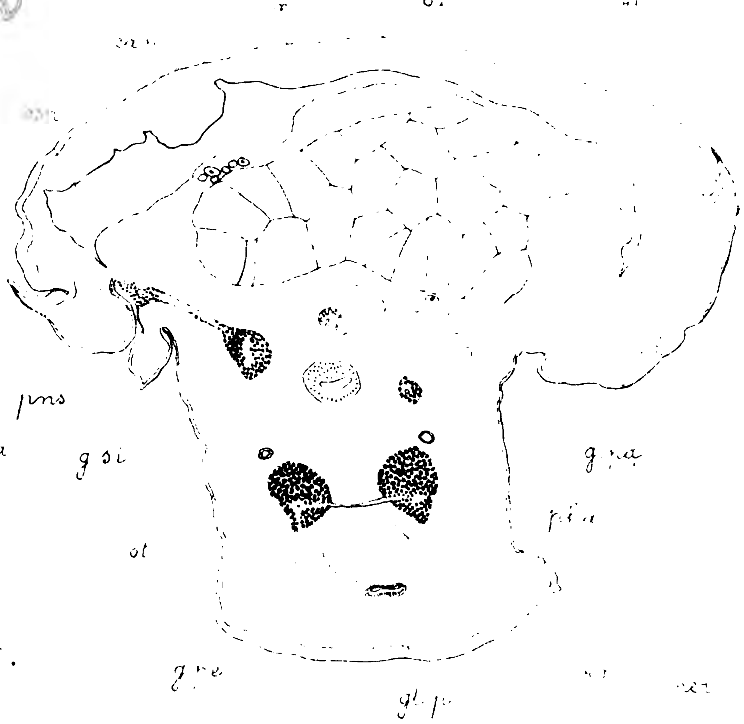


85

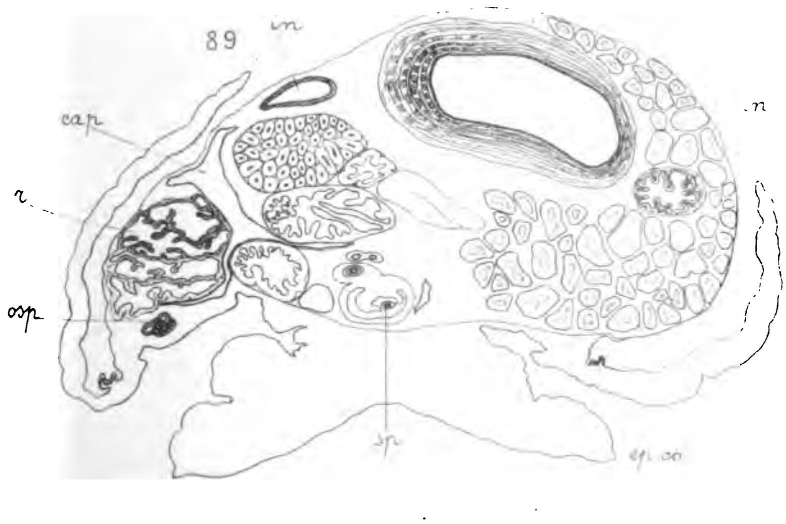
86



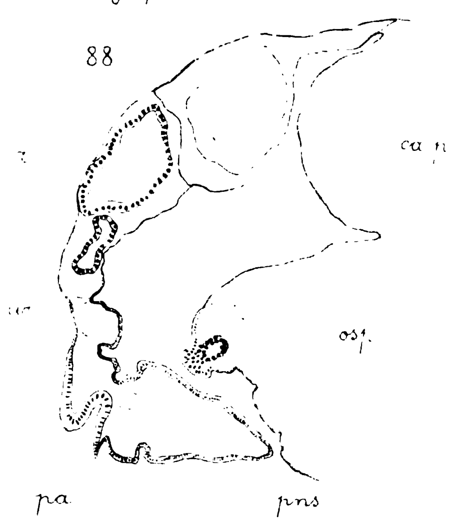
87

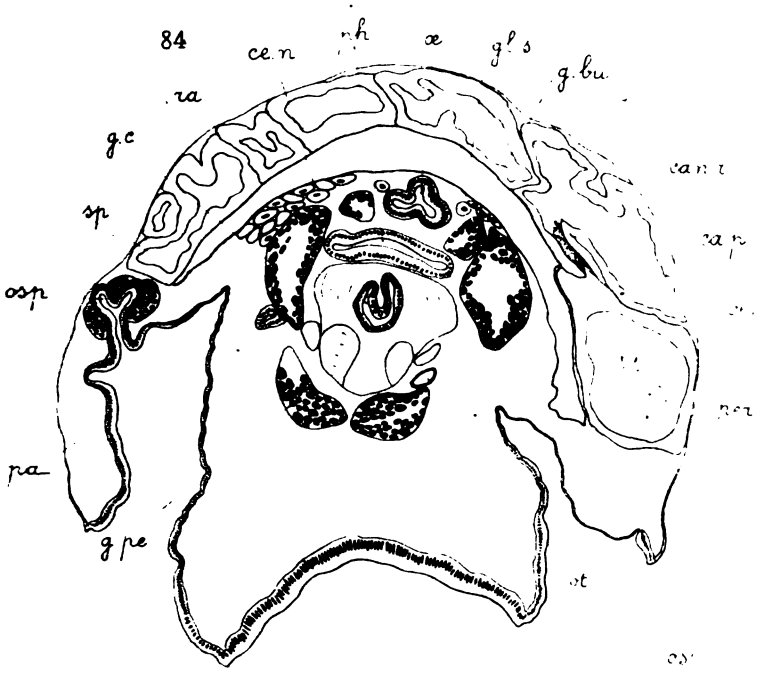


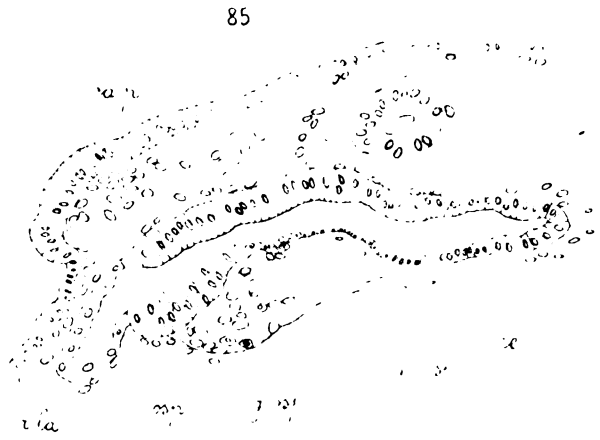
89

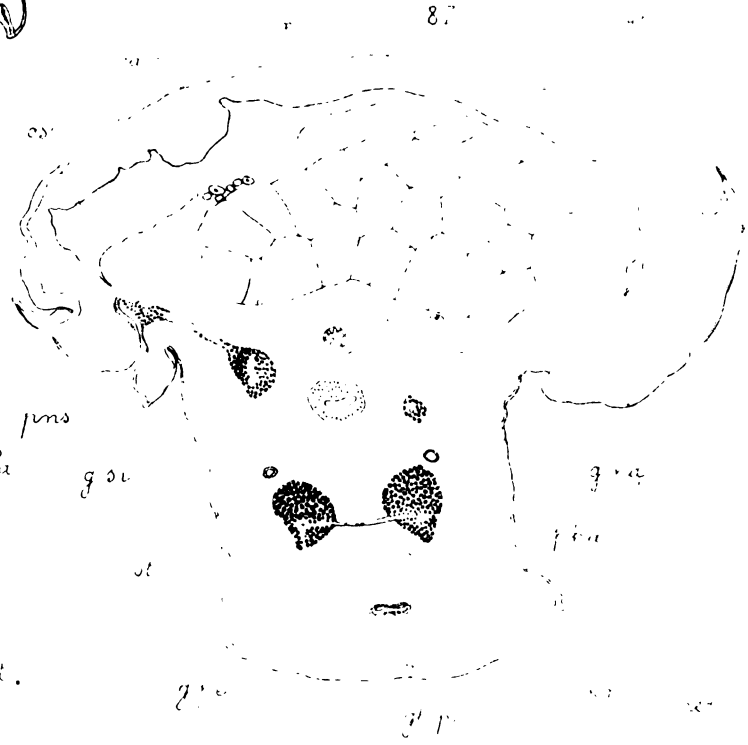


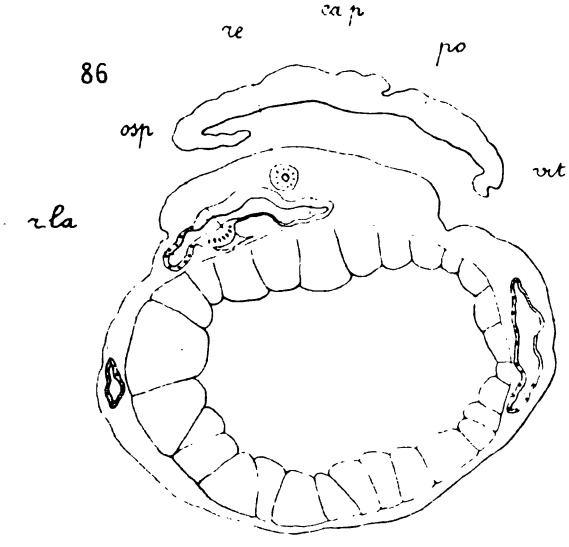
88

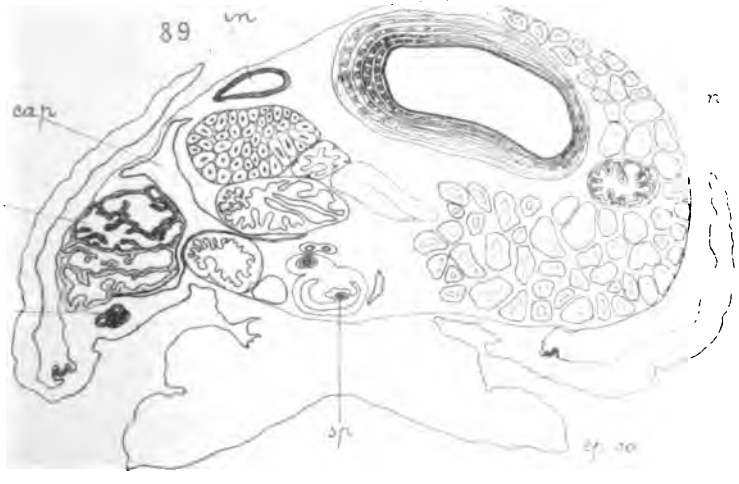


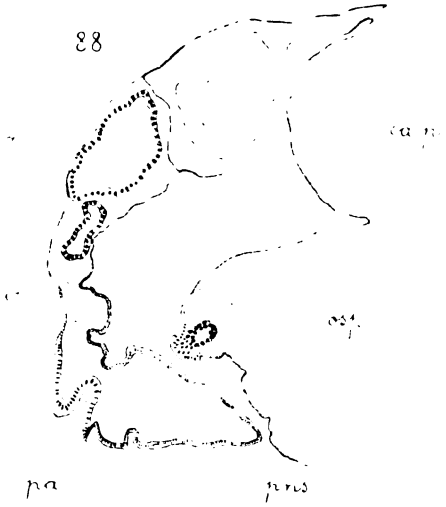






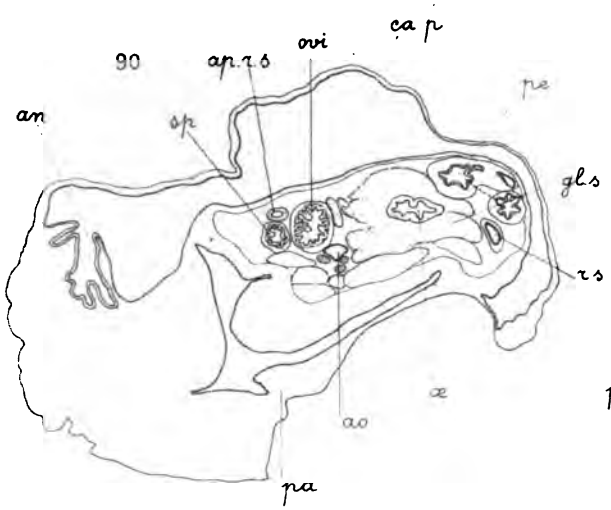


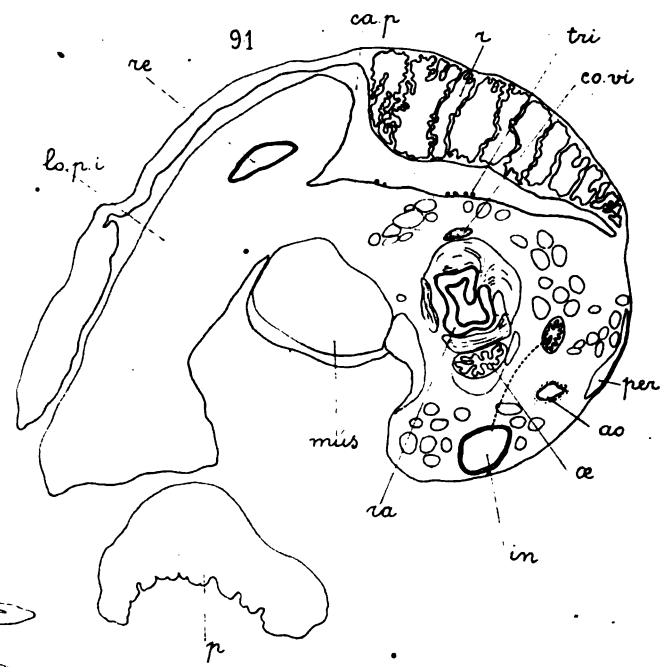


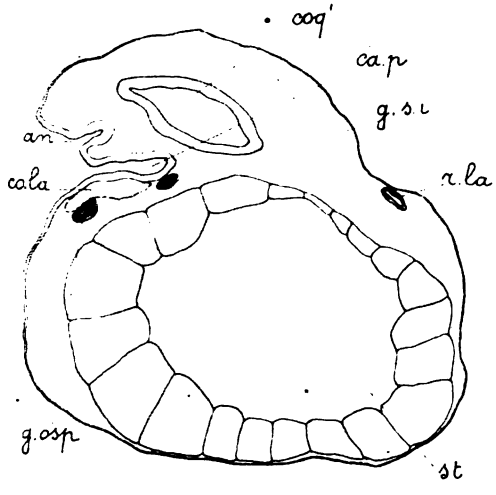


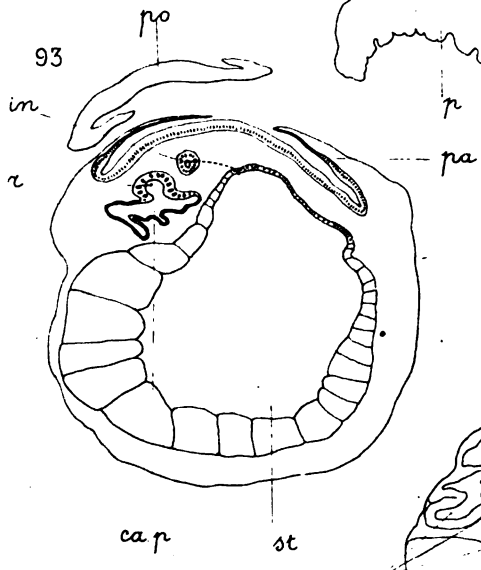
PAUL PELSENEER DEL.

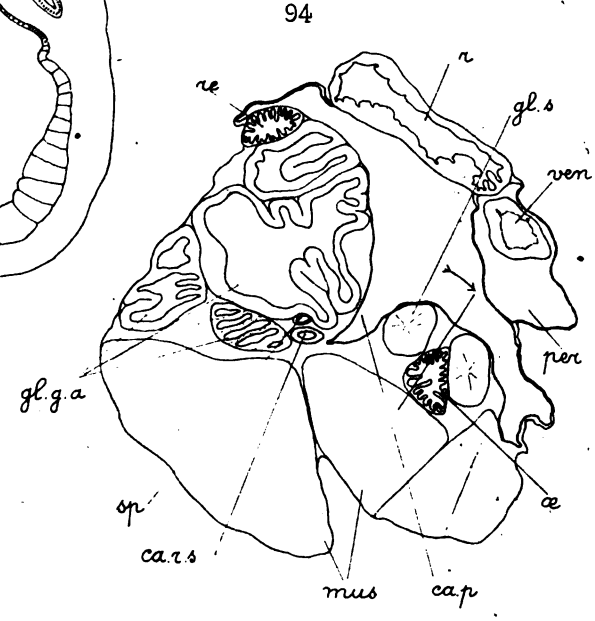
F. DRICOT & C^ie^, PHOT.

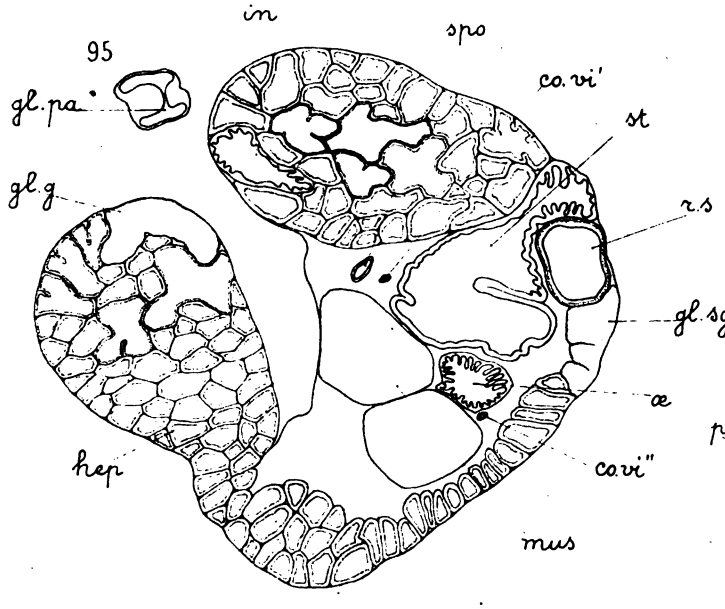

90
ap.r.s
ovi
ca.p
an
sp
re
gl.s
r.s
œ
ao
pa

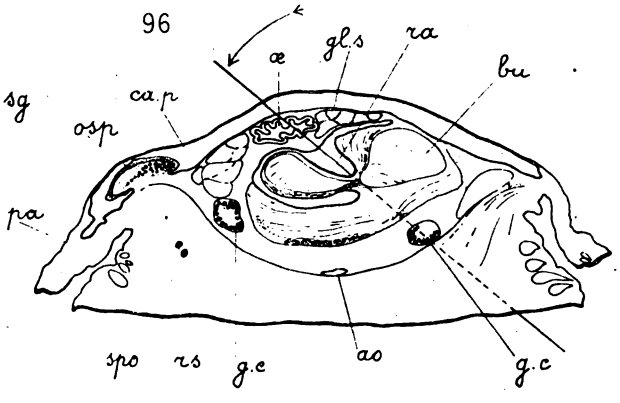

91
ca.p
r
tri
re
co.vi
lo.p.i
per
ao
mus
œ
ra
in
pa

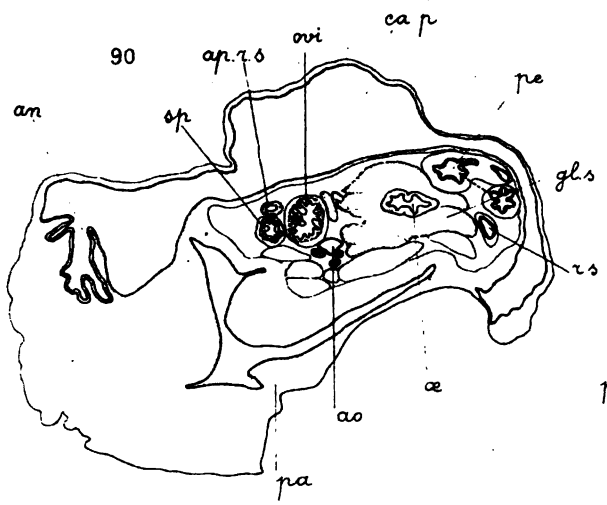

92
coq'
ca.p
g.s.l
an
ca.la
r.la
g.osp
st

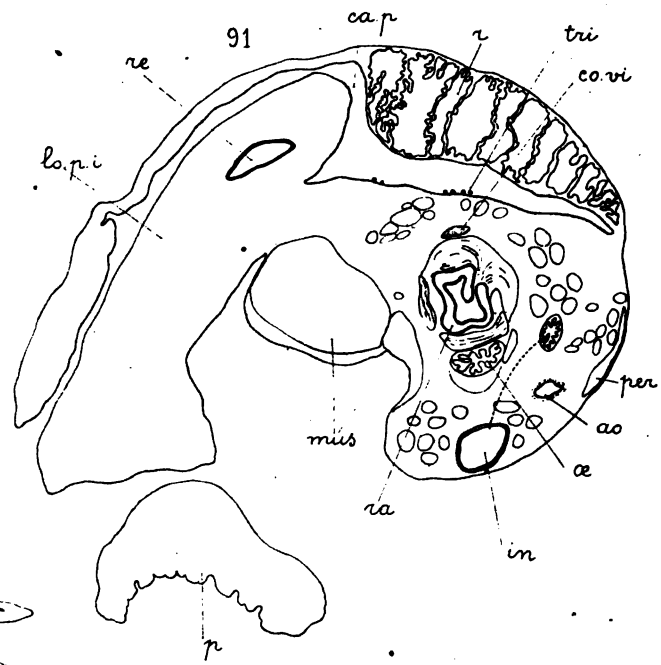

93
po
in
r
pa
ca.p
st

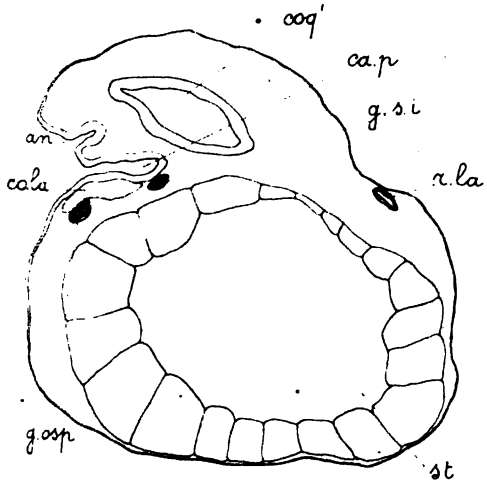

94
r
re
gl.s
ven
per
gl.g.a
sp
ca.r.s
mus
ca.p
œ

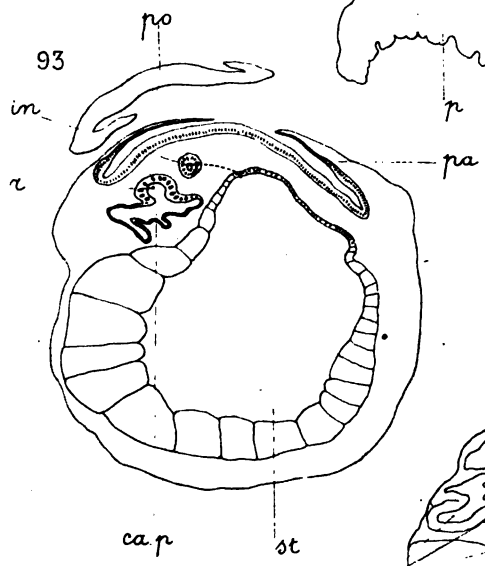

95
in
spo
gl.pa
co.vi'
st
gl.g
r.s
gl.sg
œ
hep
co.vi''
mus

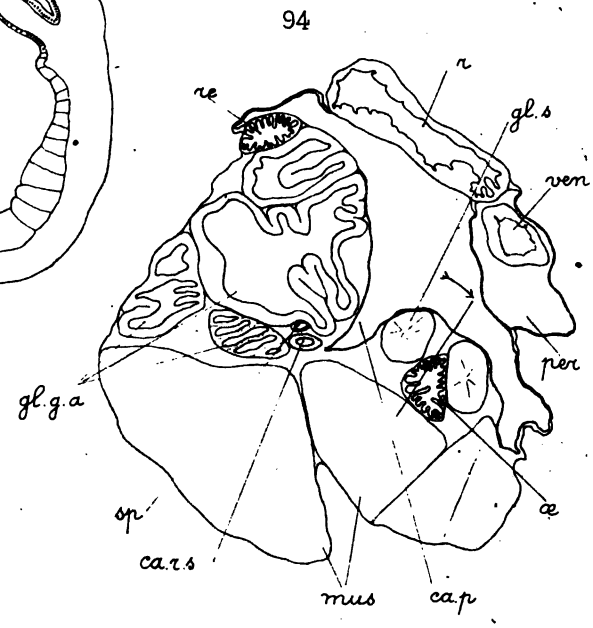

96
œ
gl.s
ra
bu
ca.p
osp
pa
spo
r.s
g.c
ao
g.c

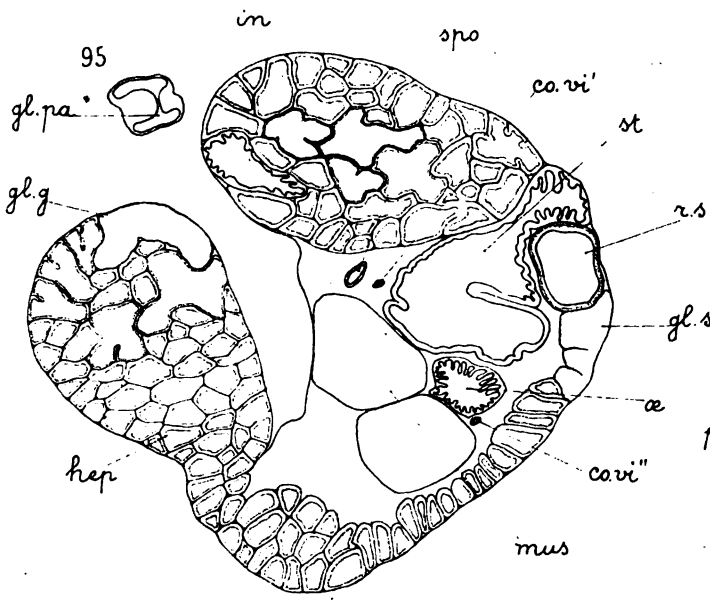

90
ca.p
ovi
ap.r.s
pe
an
sp
gl.s
r.s
œ
ao
pa

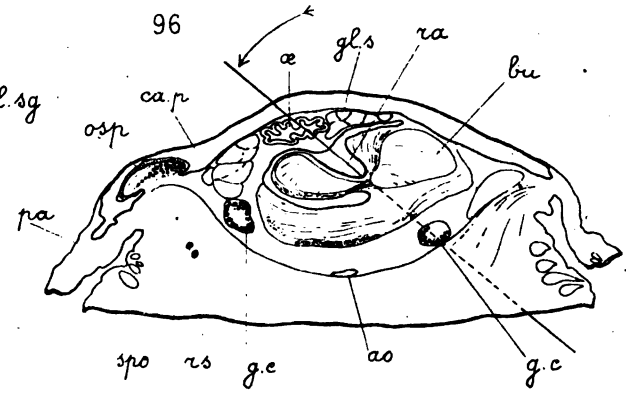

91
ca.p
r
tri
co.vi
re
lo.p.i
per
ao
œ
mus
ra
in
pa
p

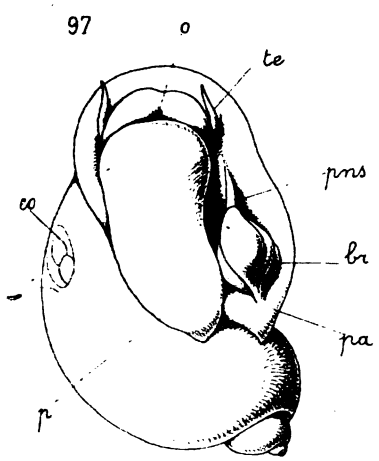

92
coq'
ca.p
g.s.i
an
ca.a
r.la
g.osp
st

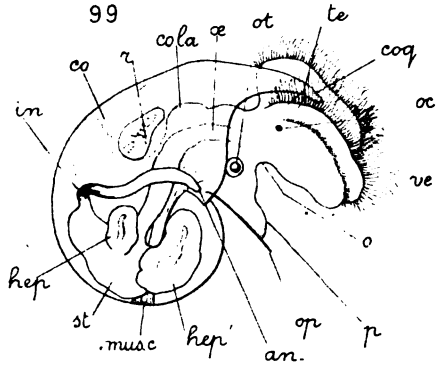

93
po
in
r
pa
ca.p
st

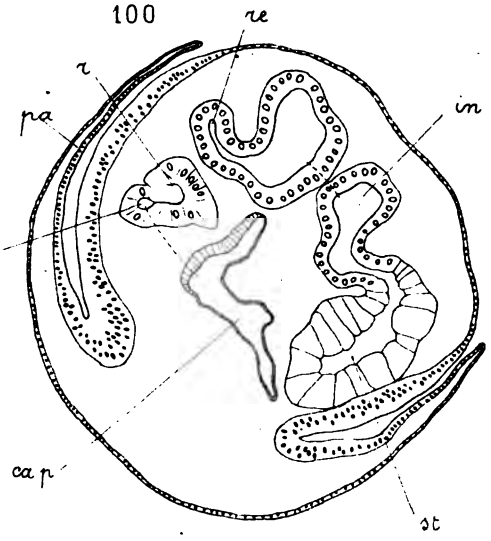

94
r
re
gl.s
ven
per
gl.g.a
sp
œ
ca.r.s
mus
ca.p

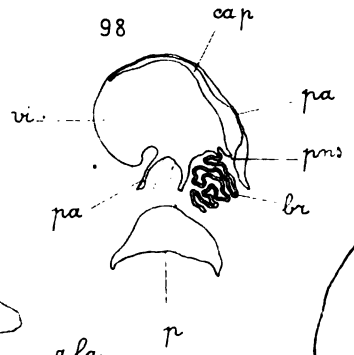

95
in
spo
co.vi'
gl.pa
st
gl.g
r.s
gl.sg
œ
hep
co.vi"
mus

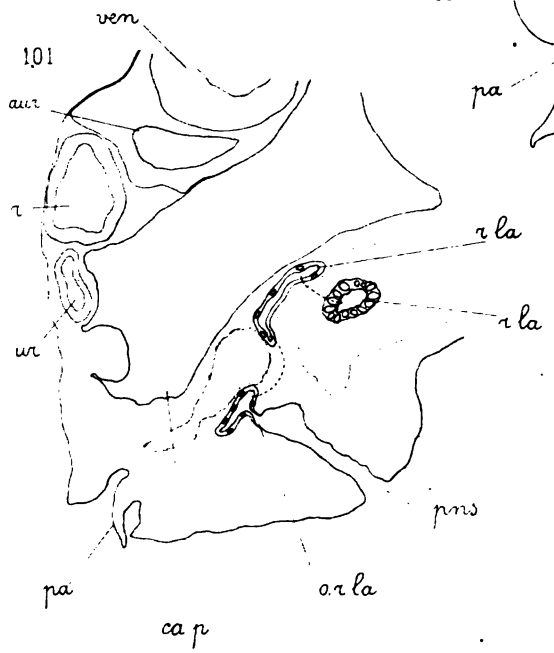

96
œ
gl.s
ra
bu
ca.p
osp
pa
spo
rs
g.c
ao
g.c

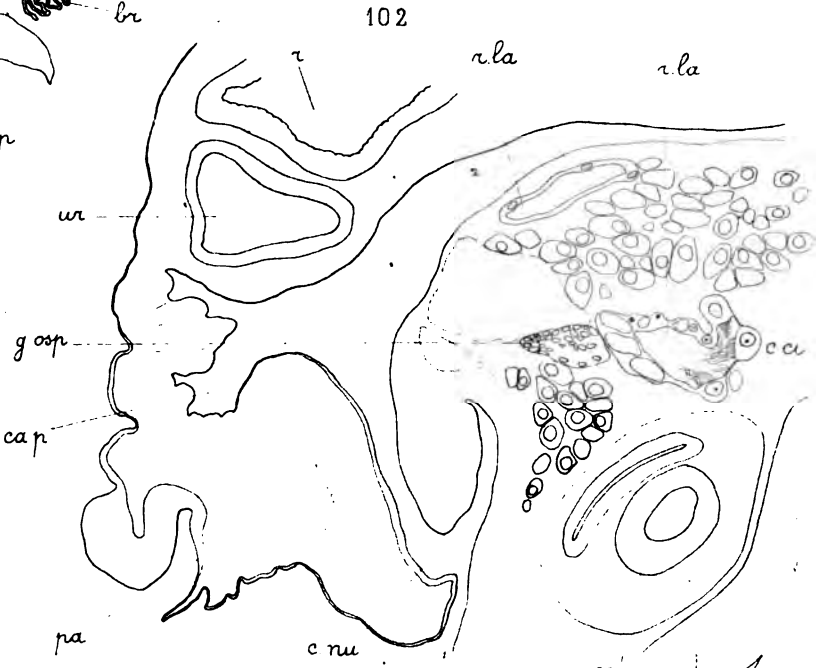

97
o
te
pns
co
br
pa
p

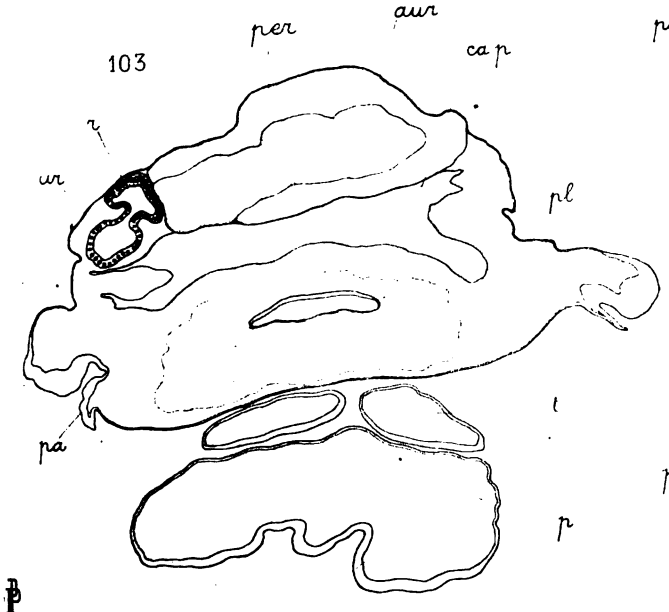

99
cola
œ
ot
te
coq
co
r
in
oc
ve
o
hep
st
musc
hep'
an.
op
p

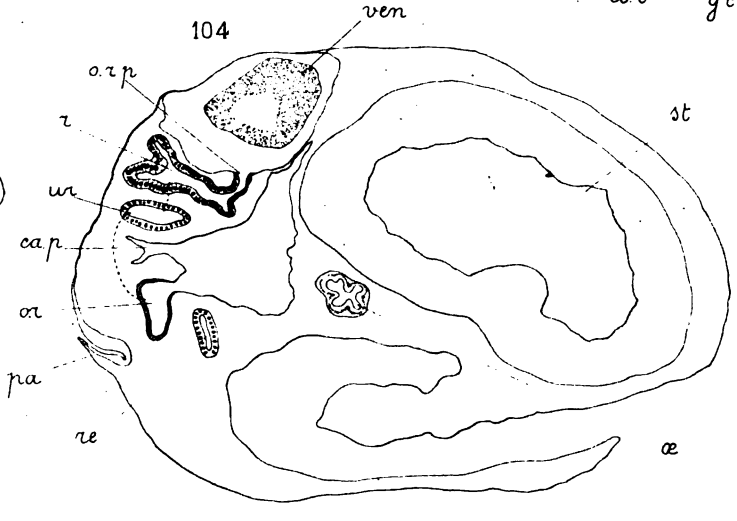

100
re
r
pa
in
ur
cap
st

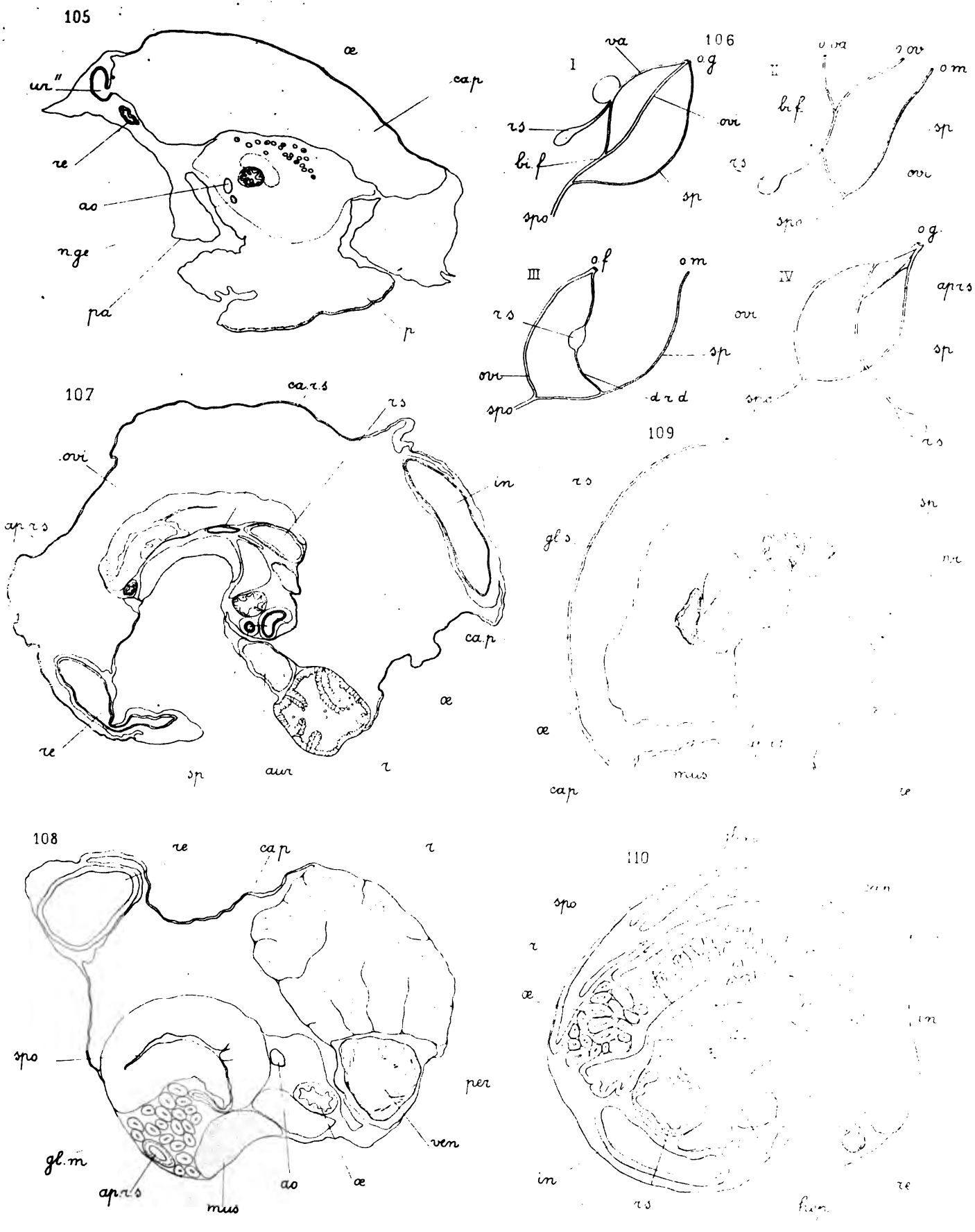

98
cap
pa
vi
pns
br
pa
p


ven
101
aur
r
r la
r la
ur
pns
pa
or la
cap


102
r
r.la
r.la
ur
g osp
cap
cca
pa
c nu
oc
lo.l
g c

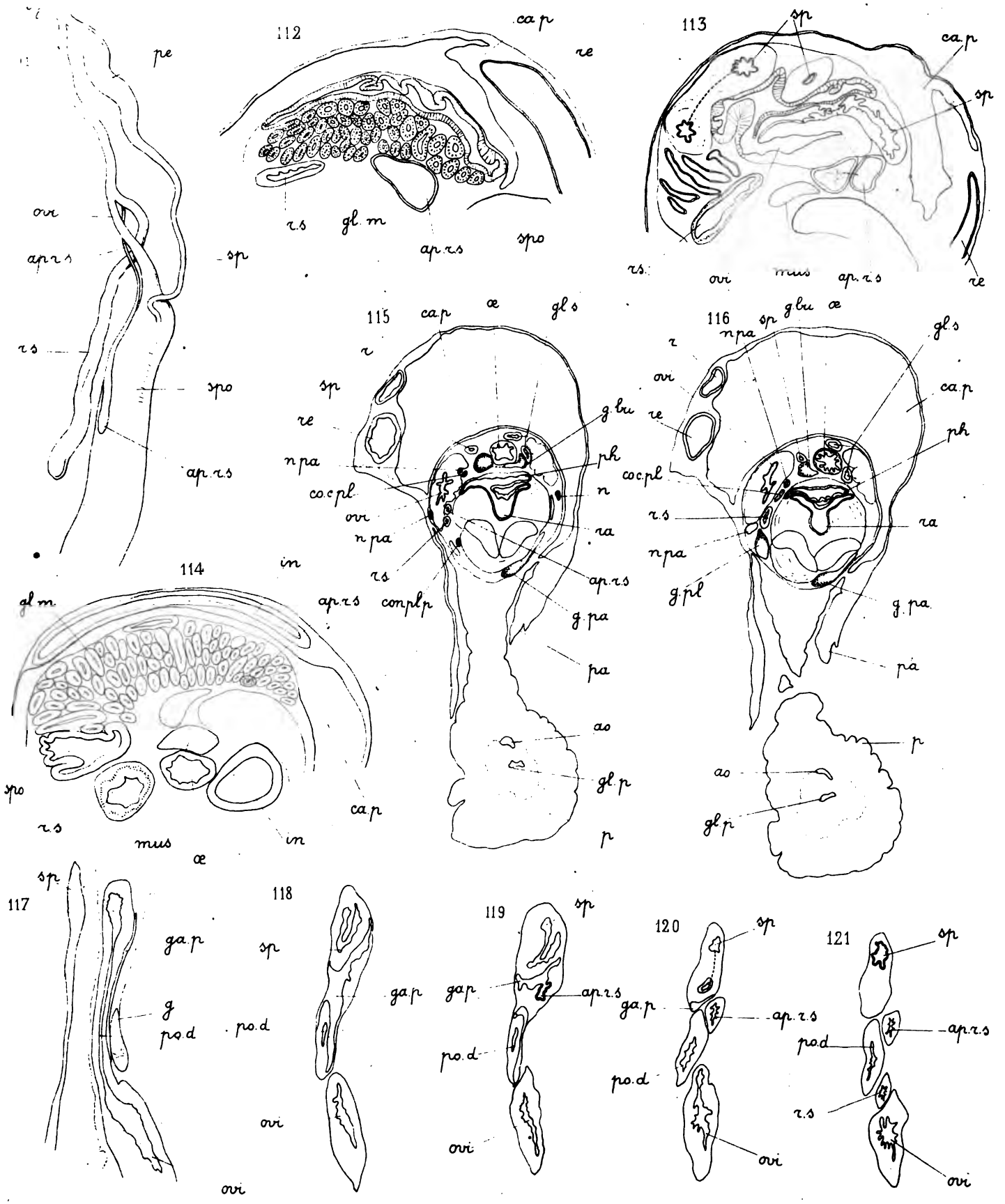

per
aur
cap
103
r
ur
pl
pa
p


104
ven
or p
st
r
ur
cap
or
pa
re
œ



PAUL PELSENEER DEL.

F. DRICOT & C^ie^, PHOT.



PAUL PELSENEER DEL.

F. DRICOT & Cie, PHOT.

IV.

RÉSOLUTION GRAPHIQUE DES CRISTAUX

(Seconde partie)

PAR

G. CESÀRO

Correspondant de l'Académie royale de Belgique,
Professeur de cristallographie et minéralogie à l'Université de Liége.

(Présenté à la Classe des sciences dans la séance du 30 mars 1901.)

RÉSOLUTION GRAPHIQUE DES CRISTAUX

(Seconde partie).

Cette note comprend :

1° L'examen d'une méthode mixte où le dessin s'applique à la construction plane des formules obtenues par l'emploi de la trigonométrie sphérique, ou à la résolution de l'équation à laquelle conduit le problème;

2° L'examen de quelques cas où la projection orthogonale peut remplacer avantageusement la projection stéréographique et la résolution des principaux problèmes cristallographiques par l'emploi du premier mode de projection;

3° L'exposé de différentes méthodes pouvant être employées pour résoudre le problème :

« Étant donné les projections stéréographiques des pôles de deux faces » cristallines, chercher l'angle que ces faces font entre elles. »

I.

a) Les formules de trigonométrie sphérique se résolvent aisément en les construisant sur un plan. Ainsi, comme exemple, soit donné, dans un

triangle sphérique rectangle, l'hypothénuse a et l'angle C; pour obtenir le côté inconnu b, on a

$$\mathrm{tg}\,b = \mathrm{tg}\,a \cos C.$$

En traçant (fig. 1) un triangle rectangle ayant a pour angle, faisant

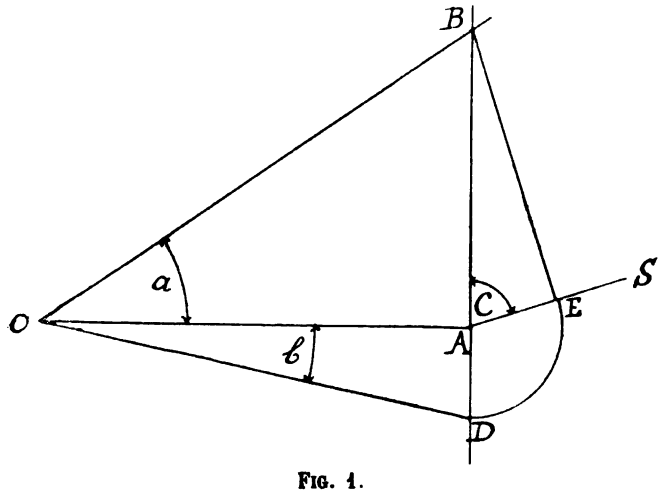


FIG. 1.

$\widehat{BAS} = C$, menant BE perpendiculaire à AS, on a, en prenant OA pour unité,

$$AE = \mathrm{tg}\,a \cos C = \mathrm{tg}\,b;$$

en prenant donc AD = AE, on a en AOD l'angle cherché.

b) Certains problèmes conduisent à une équation du second degré; or on sait que la résolution graphique d'une telle équation revient à construire un rectangle équivalent à un carré donné et dont la somme ou la différence des côtés adjacents égale une longueur donnée.

Voici un problème dans lequel les deux méthodes ci-dessus conduisent à des solutions graphiques très simples :

PROBLÈME I. — *Étant donné dans un hexadièdre* (fig. 2) *l'angle dièdre* α *des arêtes concourant à l'extrémité d'un axe ternaire, chercher la notation de l'hexadièdre.*

Solution géométrique. — Soit ABC (fig. 3) le triangle trirectangle ayant pour sommets les pôles des axes quaternaires ; si s, s', s'' sont les pôles des

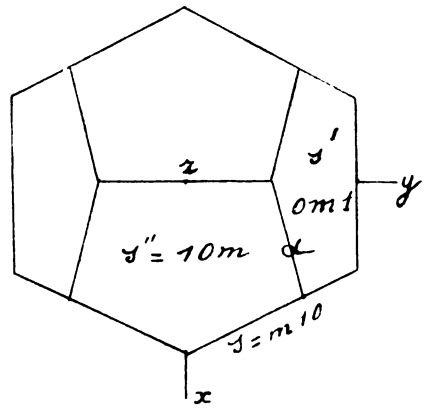


FIG. 2.

faces de l'hexadièdre se coupant sur un axe ternaire, on doit avoir

$$sA = s'B = s''C;$$

le problème revient donc à *inscrire dans un triangle trirectangle un triangle sphérique équilatéral de côté donné* α. Considérons le parallèle $ss's''$ ayant

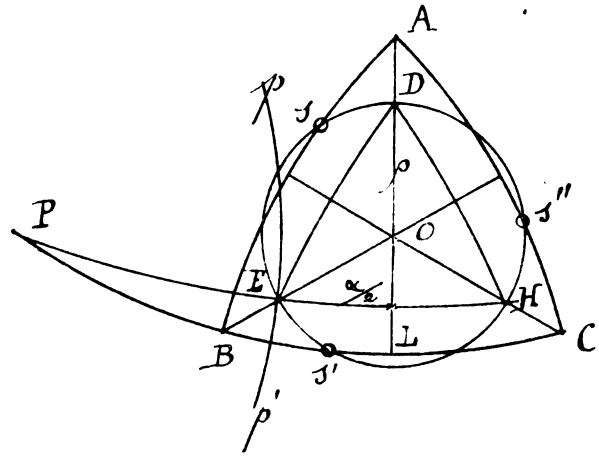


FIG. 3.

même pôle O que le triangle trirectangle ; ce parallèle coupe les médianes de ce dernier triangle en des points qui sont les sommets d'un nouveau triangle équilatéral DEH de côté α ; les arcs CB, EH, perpendiculaires à AL, viennent

se couper au pôle P de ce dernier grand cercle, pôle dont la position est connue; comme $PE = 90° - \frac{\alpha}{2}$, on obtiendra le point E par l'intersection avec l'arc médian BO du cercle décrit de P comme pôle avec un intervalle $90° - \frac{\alpha}{2}$. Le rayon sphérique ρ du parallèle $ss's''$ se trouve donc déterminé.

En décrivant alors, dans la projection stéréographique sur 001 (fig. 4), un parallèle de pôle a^1 (111) et d'intervalle ρ, on obtiendra, au point où ce parallèle coupe le cercle d'horizon, le pôle s demandé.

La construction de ρ peut se faire soit à l'aide d'une projection sur un plan normal à l'axe ternaire, comme l'indique la figure 3, soit sur la projection ordinaire du système cubique (fig. 4) : le pôle P est $0\bar{1}1$; en décrivant

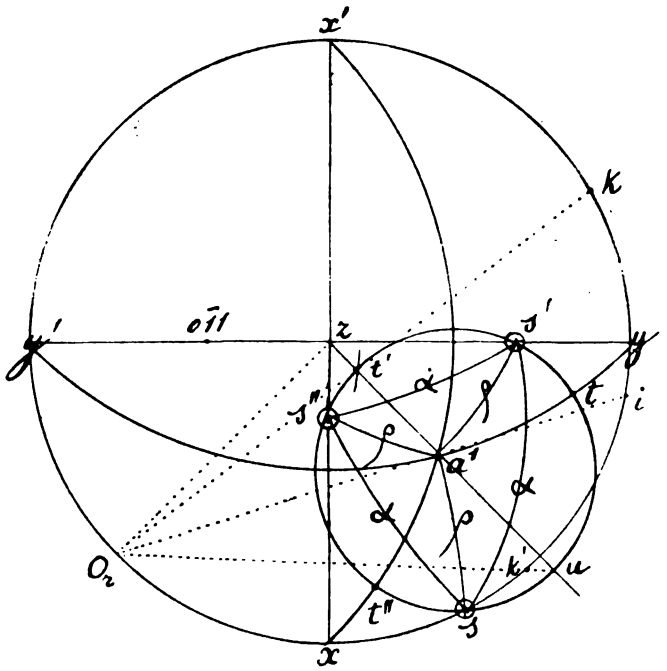


FIG. 4.

de ce pôle avec un intervalle $90° - \frac{\alpha}{2}$ un parallèle, celui-ci coupe le cercle médian za^1 en t' (*); le parallèle décrit de a^1 comme pôle avec a^1t' comme intervalle (**) coupe le cercle d'horizon en s, qui est le pôle demandé.

(*) Le triangle HED de la figure 3 est $tt't''$.

(**) Un rabattement autour de za^1 amène a^1 en i, t' en k; en prenant $ik' = ik$ et joignant O,k', on obtient en $t'u$ le diamètre du parallèle.

Dans l'épure, on a supposé $\alpha = 66°25'$; la trace de la face s, tangente au cercle d'horizon en s, coupe sur l'axe des y un segment double de celui qu'elle intercepte sur l'axe des x, de sorte que

$$s = 210 = b^2.$$

Solutions simples. — *a*) Si nous désignons par x l'arc sx (fig. 4), le

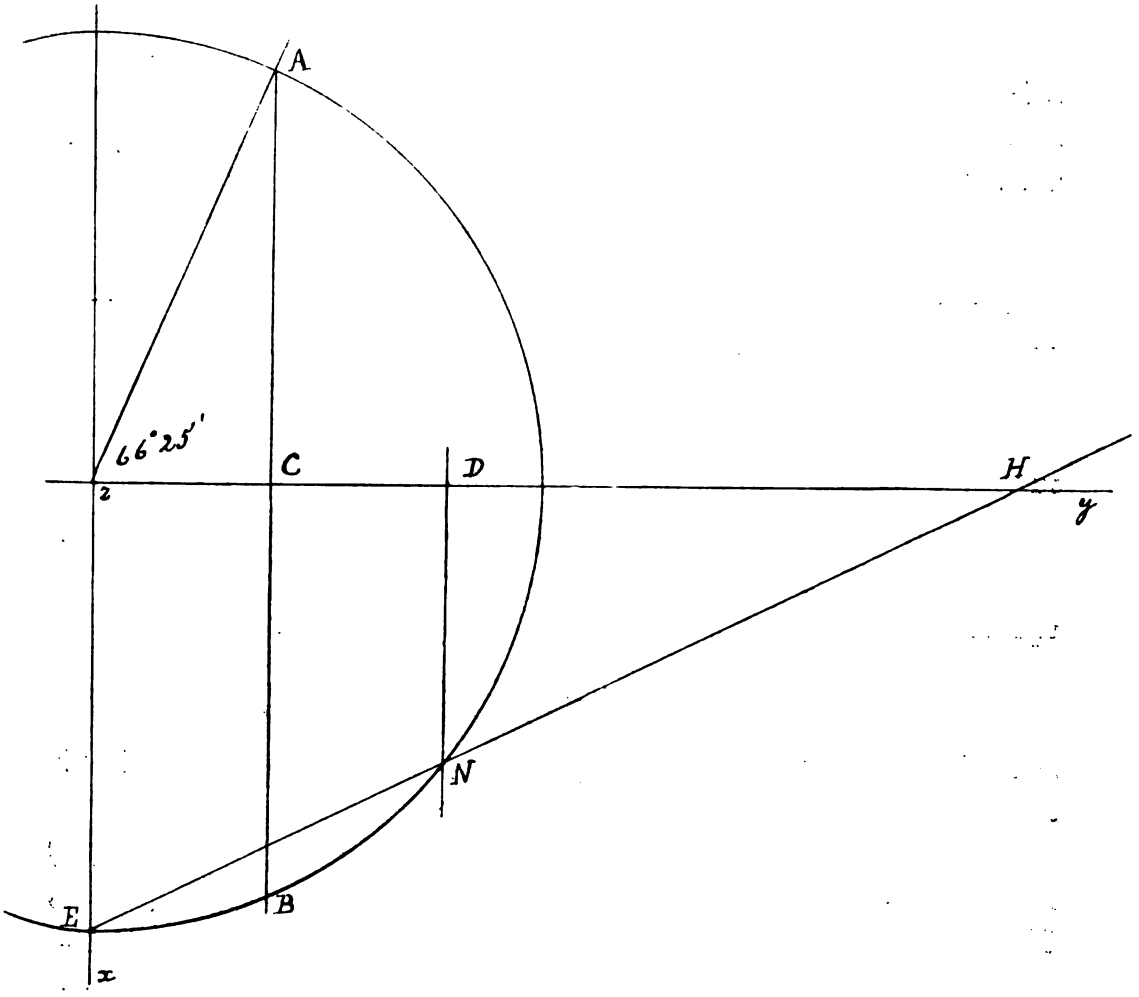


FIG. 5.

triangle rectangle sxs'', dans lequel $s''x = 90° - x$, donne

$$\cos\alpha = \sin x \cos x,$$

d'où :

$$\sin 2x = 2\cos\alpha.$$

En construisant cette formule trigonométrique, on obtient x et, par conséquent, le pôle s.

En faisant (fig. 5) $\widehat{yzA} = \alpha = 66°25'$, en traçant le cosinus zC de cet angle, en le doublant en zD, menant DN perpendiculaire à zy, on obtient en EN l'arc dont le sinus est $2\cos\alpha$, c'est-à-dire $2x$. Pour avoir le pôle s, il faudrait de z mener la perpendiculaire à EN et la prolonger jusqu'au cercle d'horizon ; mais cette perpendiculaire est inutile, car la trace sur le tableau de la face cherchée, normale à cette dernière droite, n'est autre que la droite EN; les segments coupés par cette face respectivement sur les axes x et y sont donc zE et zH. Par la mesure, on trouve $z\text{H} = 2.z\text{E}$, de sorte que la notation de l'hexadièdre est

$$210 = b^2.$$

b) Si l'on applique aux faces $10m$, $0m1$, la formule qui donne l'angle de deux faces dans le système cubique, on obtient

$$\cos\alpha = \frac{m}{1 + m^2},$$

ou

$$m^2 - \frac{m}{\cos\alpha} + 1 = 0, \qquad (1)$$

équation que l'on peut résoudre graphiquement en écrivant

$$m(\text{séc}\,\alpha - m) = 1;$$

m est donc un côté du rectangle équivalent à un carré donné 1 et dont la somme des côtés adjacents est sécα.

Dans un demi-cercle, tracé avec un rayon quelconque, construisons (fig. 6) l'angle BCD $= \alpha$ (ou, pour mieux déterminer graphiquement le point D, CBD $= 90° - \alpha$); en prenant CD *pour unité*, on aura BC $=$ sécα; traçons la droite MN parallèle à BC, à une distance HE $= 1$; en menant de N la perpendiculaire à BC, le plus grand (*) segment obtenu sera la valeur de m.

(*) Les racines de l'équation (1) sont positives : l'une plus grande l'autre plus petite que l'unité ; or, par hypothèse, $m > 1$ (fig. 2).

Pour avoir un résultat plus exact, sans tracer la dernière perpendiculaire, observons que

$$m = \mathrm{BA} + \frac{\mathrm{MN}}{2} = \frac{\mathrm{BC} + \mathrm{MN}}{2};$$

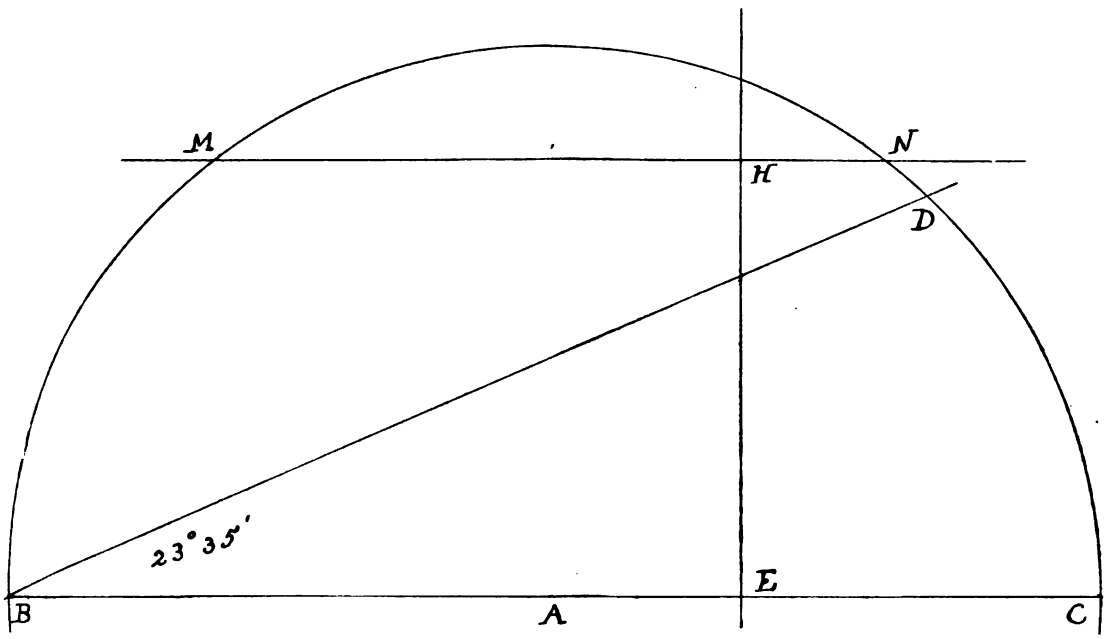


Fig. 6.

on mesurera BC et MN et l'on comparera leur moyenne arithmétique à l'unité CD; on obtient $m = 2$; donc

$$s = 210 = b^2.$$

Problème II. — *On a mesuré les angles* α et β *d'un pointement à six faces placé sur les angles d'un cube; on demande la notation du pointement.*

Méthode b). — Soit *hkl* la notation de la face du pointement pour laquelle $h > k > l$; les faces adjacentes seront *khl* et *hlk*, de sorte qu'en faisant $k = 1$,

$$\cos\alpha = \frac{2h + l^2}{h^2 + l^2 + 1}, \qquad \cos\beta = \frac{2l + h^2}{h^2 + l^2 + 1}. \tag{2}$$

En considérant h et l comme les coordonnées rectangulaires d'un point

inconnu du plan du dessin, la construction des courbes (2) donnera en leur intersection le point demandé. Les équations (2) représentent des hyperboles, mais, en les ajoutant membre à membre, on obtient *le cercle*

$$(h^2 + l^2)(\cos\alpha + \cos\beta - 1) - 2(h + l) + \cos\alpha + \cos\beta = 0,$$

dont on construit aisément le centre et le rayon. En outre, on déduit de (2)

$$\frac{\sin\frac{\alpha}{2}}{\sin\frac{\beta}{2}} = \frac{h-1}{1-l},$$

qui représente *une droite*. Etc.

Méthode géométrique. — Dans ce cas, elle est beaucoup plus simple que la précédente. Il est facile de voir que le pôle inconnu *hkl* se trouve à une distance $90° - \frac{\alpha}{2}$ du pôle $1\bar{1}0$ et à une distance $90° + \frac{\beta}{2}$ du pôle $0\bar{1}1$; deux parallèles décrits de ces derniers pôles avec les intervalles respectifs que nous venons de citer donneront, par leur intersection, le pôle demandé.

II.

Emploi des projections orthogonales.

Dans ce genre de projection, les différents pôles situés sur l'hémisphère représentatif sont projetés par des perpendiculaires sur la base de ce dernier prise comme plan du dessin. Le désavantage de ce genre de projection est qu'un cercle de la sphère se projetant suivant une ellipse, la représentation exacte des différents cercles de zone devient impossible. En outre, le problème fondamental des déterminations cristallographiques, qui revient à chercher la projection d'un point de la sphère dont on connaît les distances angulaires à deux points donnés sur celle-ci, problème qui en projection stéréographique se résout aisément par l'intersection de deux cercles, reviendrait, en projection orthogonale, à la détermination des points d'intersection de deux ellipses dont les axes sont connus en grandeur et position. Il est vrai que,

comme nous le verrons plus loin, le problème peut être résolu par la règle et le compas (*), mais la solution que j'ai obtenue est assez compliquée dans le cas général. Lorsque, dans certains cas particuliers, les cercles à employer sont parallèles ou normaux au plan de la figure, la projection orthogonale est avantageuse.

J'ajoute que pour le problème « *Déterminer la vraie distance angulaire de deux pôles projetés* », la projection orthogonale donne une solution plus simple.

De même qu'en projection stéréographique, un point est complètement déterminé par sa projection orthogonale : c'est en quelque sorte une projection cotée, la sphère donnant la hauteur à laquelle se trouve le point projeté.

J'ai cru intéressant de résoudre les principaux problèmes relatifs à la détermination graphique des cristaux, en supposant les pôles des faces projetés orthogonalement sur la base de l'hémisphère représentatif.

PROBLÈME I. — *Chercher* (fig. 7) *la vraie distance angulaire de deux pôles projetés orthogonalement en a* et *b*.

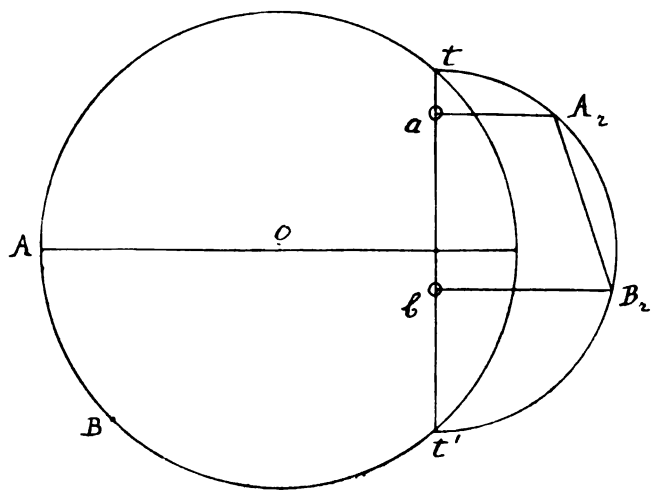


FIG. 7.

(*) Ce qui est évident *a priori*, car de la projection stéréographique du point inconnu on peut passer par la règle et le compas à sa projection orthogonale.

Le parallèle normal au tableau et passant par les pôles considérés se rabat autour de tt' sur le plan de la figure en la circonférence décrite sur tt' comme diamètre. Dans ce rabattement, les pôles de l'espace viennent respectivement en A_r et B_r; la corde A_rB_r, portée en AB, donne sur la circonférence base de l'hémisphère la distance angulaire demandée.

Problème II. — *Étant donné* (fig. 8) *les projections orthogonales* a, b *de*

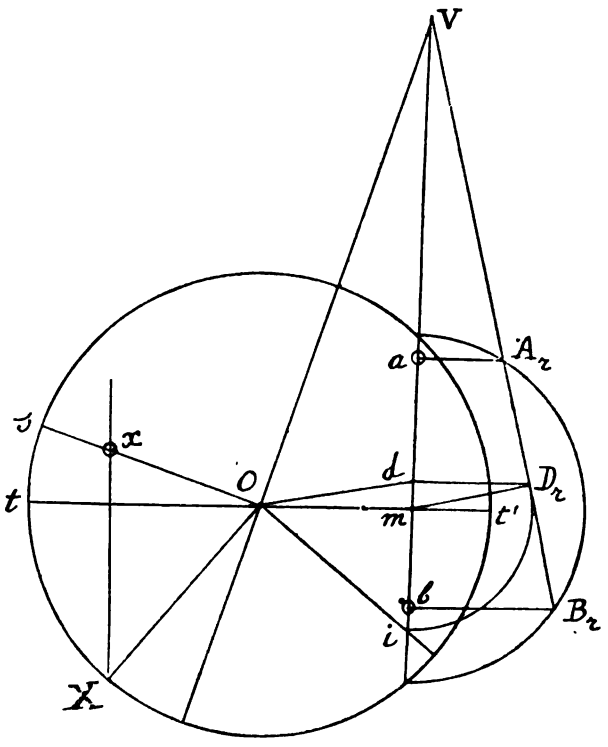


Fig. 8.

deux points de la sphère, chercher la projection orthogonale x *du pôle du grand cercle passant par ces points.*

Considérons le grand cercle normal à la corde AB, grand cercle dont le plan est déterminé par sa trace tt' normale à ab et par la droite qui joint le centre O au point d milieu de ab : le diamètre qui, dans ce plan, est normal à cette dernière droite, est l'axe du grand cercle AB, axe qui perce la sphère au point demandé.

Le rabattement du plan *tt'd* autour de sa trace amène en O*i* (*) le diamètre passant par le milieu de la corde AB et en OX, perpendiculaire à O*i*, l'axe du grand cercle AB. Le pôle cherché, rabattu en X, sera obtenu par relèvement; on peut observer que le point V où la corde AB perce le plan du dessin appartient à l'intersection de ce même plan avec celui du grand cercle AB; cette intersection est donc VO; la projection O*s* de l'axe de ce grand cercle est normale à VO, de sorte que *x* se trouve sur O*s* et sur la perpendiculaire menée par X à *tt'*.

Problème III. — *Étant donné* (fig. 9) *les projections orthogonales* a, b

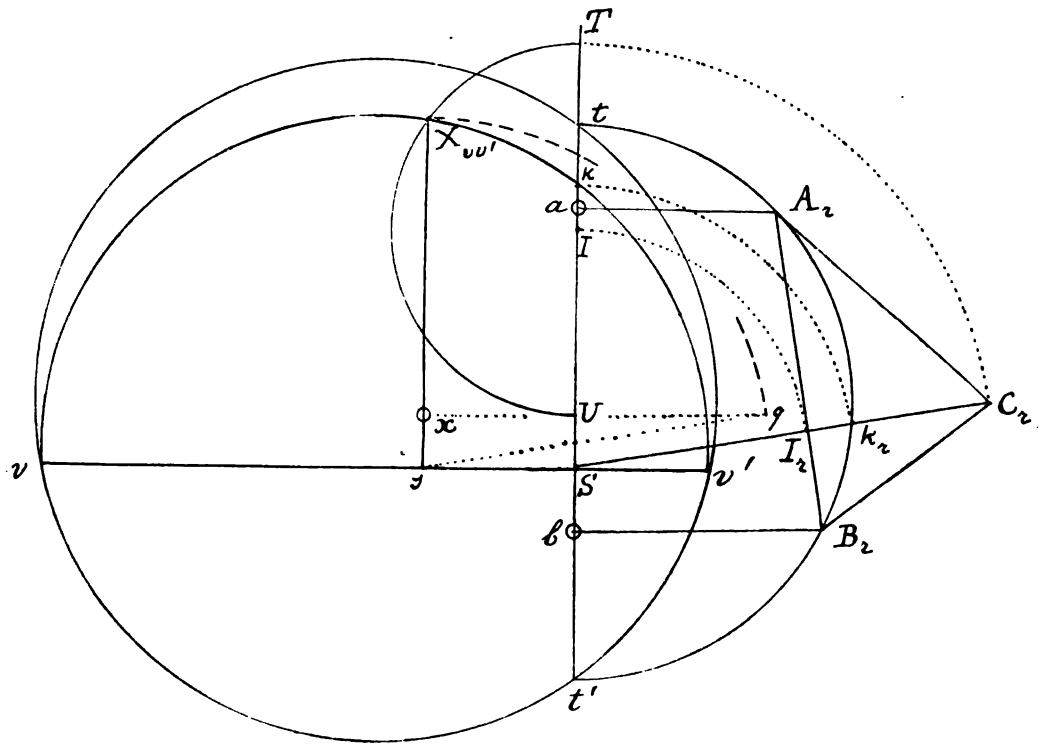


Fig. 9.

de deux points de la sphère, chercher la projection x *d'un point de la sphère qui se trouve à des distances données* m, n *des deux premiers.*

(*) Un premier rabattement autour de *ab* donne en *m*D, la distance du milieu de la corde AB à la trace *tt'*.

Imaginons le triangle ayant pour base AB et pour côtés m et n placé dans l'espace de manière que son plan soit normal au tableau; désignons par C son troisième sommet; il s'agit de faire tourner C autour de AB jusqu'à ce qu'il vienne se placer sur la surface de la sphère.

Pendant cette rotation, C décrit un cercle dont le plan coupe la sphère suivant un parallèle P; en rabattant sur le tableau ce plan et les deux cercles qu'il contient, ceux-ci, par leur intersection, donneront le point cherché.

Par un rabattement autour de ab, le triangle ABC, pris dans la position considérée en premier lieu, viendra se placer en $A_rB_rC_r$; le plan du cercle que C décrit autour de AB aura sa ligne de pente rabattue en C_rS normale à A_rB_r et sa trace en vv'; comme la ligne de pente perce la sphère en un point rabattu en k_r, en prenant $Sk = Sk_r$ et traçant le cercle $vv'k$, on aura le rabattement du parallèle P autour de vv'. Quant au cercle décrit par C autour de AB, son centre se rabat en I autour de vv' et l'extrémité de son rayon situé dans le plan vertical tt' vient en T; de sorte que le rabattement $X_{vv'}$ du point cherché se trouve à l'intersection de $v'kv$ et du cercle décrit avec I comme centre et ayant IT comme rayon. On passe comme d'ordinaire du rabattement $X_{vv'}$ à la projection x.

QUELQUES PROBLÈMES MONTRANT LES CAS OÙ LES PROJECTIONS ORTHOGONALES PEUVENT ÊTRE EMPLOYÉES AVEC AVANTAGE.

a) *On donne dans un trapézoèdre du système cubique* (fig. 10) *l'angle dièdre* $\alpha = 35°6'$ *des arêtes concourant à l'extrémité d'un axe quaternaire; on demande sa notation.*

Le pôle s (fig. 10 et 11) s'obtient en observant que $p_{010}s = 90° - \frac{\alpha}{2}$; le parallèle mm' décrit de y (010) comme pôle, avec un intervalle $90° - \frac{\alpha}{2}$,

coupe le grand cercle tt' (plan de symétrie P) au point cherché. Pour avoir les segments que la face s coupe sur les axes, on rabattra le grand cercle tt', autour de sa trace, sur le plan du tableau : le pôle vient en S_r, la normale en zS_r et, en prenant xy pour trace horizontale, la ligne de pente se rabat en iV

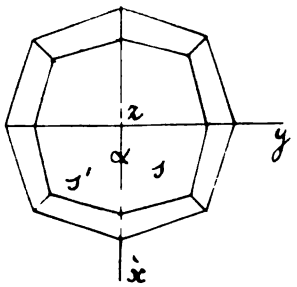


Fig. 10.

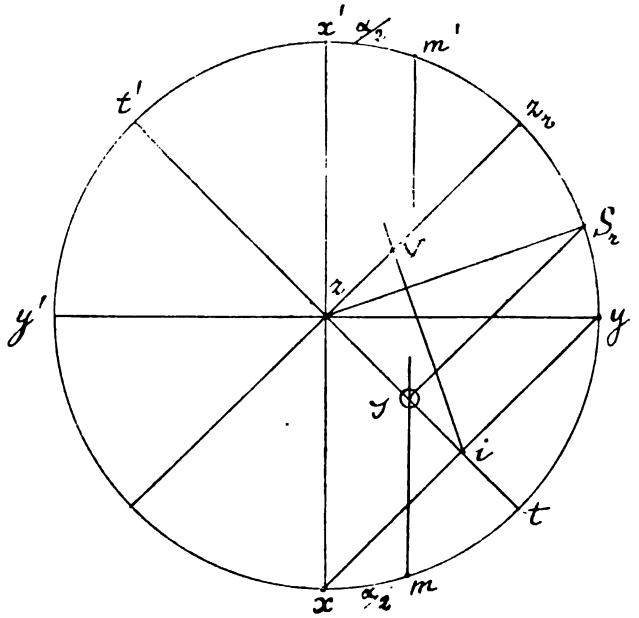


Fig. 11.

normale à zS_r; le segment coupé sur l'axe des z est zV. La mesure donne

$$zV = \frac{1}{3}zx,$$

de sorte que

$$s = 11\bar{3} = a^3.$$

b) *Un prisme à base carrée dont on connait les paramètres* a, c, *porte sur ses angles un biseau* ss'; *on donne l'angle* α *de ce biseau et l'angle* β *que ses faces font avec* p = 001. *On demande la notation du biseau.*

Le parallèle décrit de 001 comme pôle, avec un intervalle β, parallèle qui se projette en vraie grandeur, coupe le cercle d'intervalle $90^\circ - \frac{\alpha}{2}$ décrit de $g^1 = 1\bar{1}0$ comme pôle, cercle qui se projette suivant une droite, au pôle s demandé. Etc.

c) *Dans un clinoèdre projeté sur un plan normal à ses faces latérales* m = 100, t = 010, *une face est donnée par les angles* α *et* β *qu'elle fait avec* m *et* p = 001. *On demande de chercher le pôle de la face.*

Ce problème, qui n'est qu'un cas particulier (*) du problème III (p. 13, fig. 9), peut être résolu par la méthode générale employée en projections stéréographiques : deux parallèles décrits des pôles *m* et *p*, avec des intervalles respectifs α et β, donnent, par leur intersection, le pôle demandé.

Le premier parallèle se projette (fig. 12) suivant la droite *aa'*. Le second

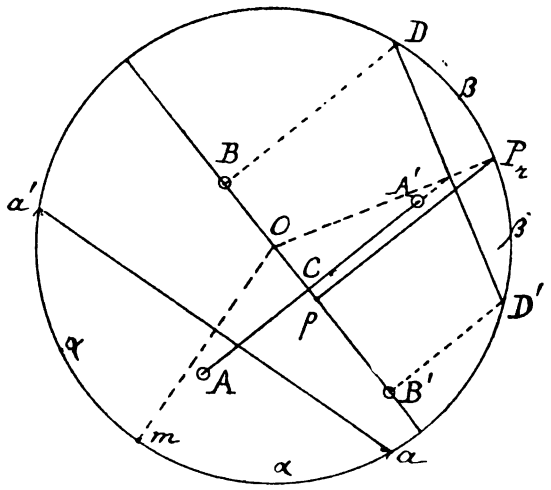


FIG. 12.

parallèle se projette suivant une ellipse dont le centre C s'obtient immédiatement par un rabattement autour de *p*O, dont le grand axe AA' égale la corde DD' de l'arc de grand cercle 2β et dont le petit axe BB' est la projection de cette corde sur *p*O. Le problème revient donc à chercher l'intersection d'une droite *aa'* avec une ellipse dont les axes sont donnés en grandeur et position, c'est-à-dire à chercher le centre d'un cercle tangent à une circonférence donnée et passant par deux points donnés.

(*) C'est le cas où l'un des points donnés se trouve sur la base de l'hémisphère.

III.

Recherche de l'angle fait par deux faces dont les pôles sont donnés en projection stéréographique.

On connaît la solution si élégante de Miller, qui consiste à joindre, sur la projection, le pôle du grand cercle, passant par les pôles donnés, à ces derniers et à prolonger les droites ainsi obtenues jusqu'au cercle d'horizon sur lequel elles interceptent l'arc demandé en vraie grandeur.

Cette solution, qui suppose tracé le grand cercle passant par les deux pôles, n'est pas applicable lorsque ce cercle est presque normal au tableau, parce que son centre sort du cadre de l'épure.

Cependant, je ferai voir plus loin qu'il y a moyen de chercher le pôle du grand cercle passant par deux points, sans tracer ce cercle comme le fait Miller; mais la construction reste pénible lorsque la corde qui joint les pôles dans l'espace rencontre le plan du dessin en dehors des limites de l'épure.

J'ai cherché à résoudre le problème et je suis parvenu à plusieurs solutions, dont deux très simples pratiquement.

Le but de ce chapitre est d'exposer ces méthodes; j'y ai joint une solution *a*) qui est due à M. Neuberg.

a)

Soient (fig. 13) *a*, *b* les pôles donnés, projections stéréographiques de A et B sur le plan MNP. Si l'on considère le grand cercle CAMO mené par A normalement au tableau, et qu'on le rabatte autour de *ca* sur le plan d'horizon, on obtiendra O*a* et OA en vraie grandeur; de même, un rabattement autour de *cb* donnera O*b* et OB. On pourra donc construire le triangle *ab*O dont on connaît les trois côtés. En portant alors sur les côtés O*a*, O*b*

prolongés les longueurs OA, OB, on obtiendra la corde inconnue x, qui,

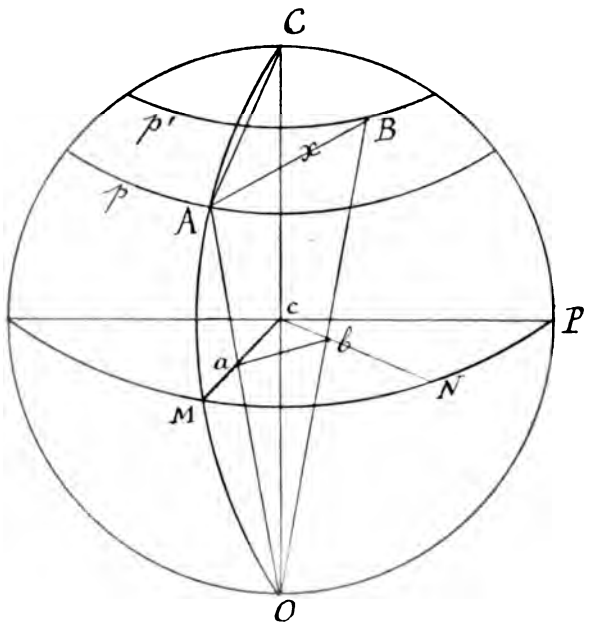


FIG. 13.

portée sur le cercle d'horizon, donnera l'arc qu'elle sous-tend sur la circonférence de grand cercle.

Sur l'épure (fig. 14), O_a, O_b sont les rabattements de l'œil respectivement

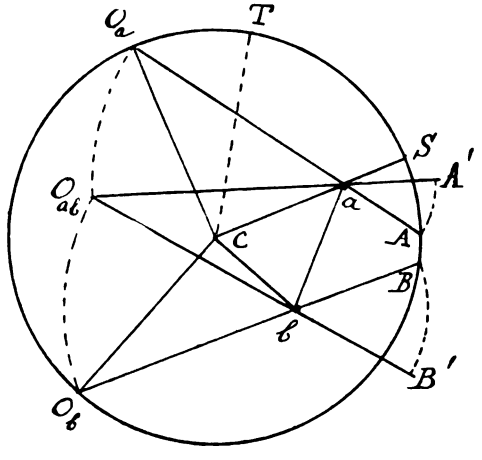


FIG. 14

autour de *ca* et de *cb*, O_{ab} est le rabattement de l'œil autour de *ab*; A'B' est la corde x, qui, portée en ST sur le cercle d'horizon, donne l'angle demandé ScT.

b)

THÉORÈME. — *Si l'on considère* (fig. 13) *deux petits cercles* p, p' *parallèles au cercle d'horizon, et que l'on joigne un point quelconque* A *de la circonférence du premier à un point quelconque* B *de la circonférence du second, le rapport entre la longueur de la corde* AB *et celle de sa projection stéréographique est une constante.*

En effet, les angles CAO et C*ca* étant droits, le quadrilatère CA*ac* est inscriptible; donc, en désignant par R le rayon de la sphère,

$$OA.Oa = 2R^2;$$

de même

$$OB.Ob = 2R^2;$$

d'où

$$\frac{OA}{Ob} = \frac{OB}{Oa}.$$

On en déduit que les triangles OAB et O*ab* sont semblables et que, par conséquent,

$$\frac{x}{ab} = \frac{OA}{Ob} = \frac{OA.OB}{2R^2}.$$

Or OA et OB sont des constantes; donc, etc.

Soit à présent (fig. 15) à chercher la vraie grandeur de l'arc de grand cercle reliant les points *a* et *b*. Sur les petits cercles parallèles à l'horizon, passant par ces points, prenons respectivement les points *a'* et *b'* situés sur un même méridien normal au tableau. Un simple rabattement autour de *a'b'* donnera en A'B' la vraie grandeur de la corde qui se projette en *a'b'*. Si *x* est la longueur de la corde qui se projette en *ab*, on aura

$$\frac{x}{ab} = \frac{A'B'}{a'b'};$$

x s'obtient donc par une quatrième proportionnelle. La construction se simplifie en observant que

$$\frac{A'B'}{a'b'} = \frac{O_rA'}{O_rb'};$$

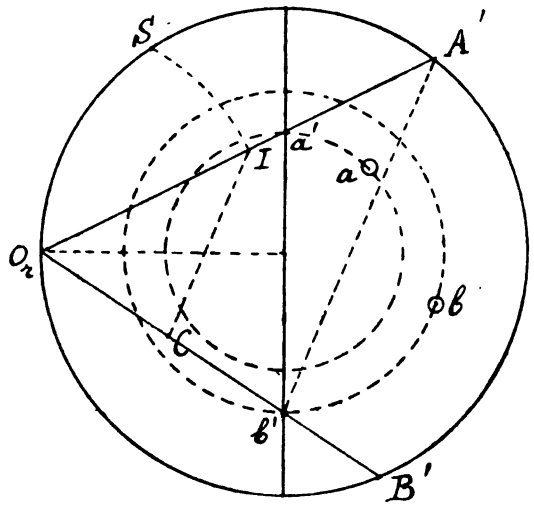


Fig. 15.

il suffira de prendre $O_rC = ab$ et de tracer CI parallèle à $A'b'$; O_rI sera la valeur de x et O_rS celle de l'arc demandé.

c)

LEMME. — *Étant donné la projection stéréographique d'un pôle, chercher sa projection orthogonale sur le cercle d'horizon.*

Soit a (fig. 16) la projection stéréographique donnée. Si l'on rabat sur le plan d'horizon, autour de Ca, le grand cercle qui se projette suivant cette droite, l'œil vient en O_r, le pôle rabattu en A_r; en menant de ce dernier la perpendiculaire à Ca, on obtient en a' la projection orthogonale demandée (*).

(*) L'épure donne en même temps la cote h du point.

Soit à présent (fig. 17) *ab* la projection stéréographique d'une corde de la sphère, *a'b'* sa projection orthogonale obtenue comme ci-dessus. Un rabattement autour de *a'b'*, effectué en prenant sur des perpendiculaires à *a'b'* respectivement les cotes des deux extrémités de la corde, donnera en AB la

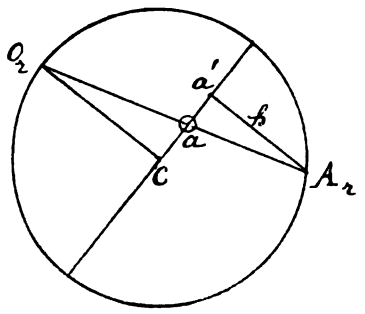


Fig. 16.

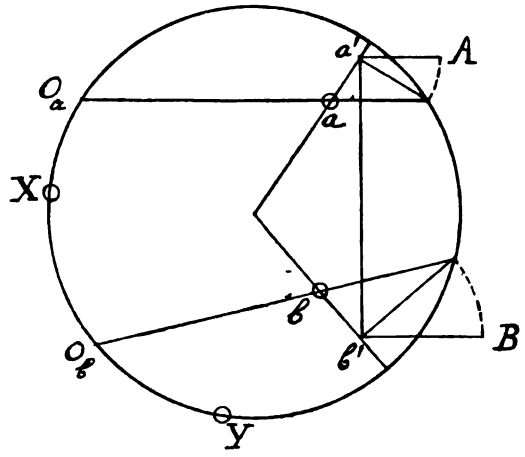


Fig. 17.

longueur de celle-ci. En portant AB sur le cercle d'horizon, on obtient en XY l'arc demandé.

d)

Soit (fig. 18) *ab* la projection stéréographique de la corde, *a'b'* sa projection orthogonale. Le point où la corde de l'espace perce le tableau, devant se trouver à la fois sur les deux projections, se trouve en V, à leur intersection ; de sorte que VC est l'intersection du plan du grand cercle *ab* avec le plan d'horizon. Si l'on fait tourner les points A, B de l'espace autour de *xy*, les parallèles qu'ils décrivent viendront intercepter sur le cercle d'horizon l'arc AB en vraie grandeur; or ces parallèles se projettent orthogonalement suivant les perpendiculaires menées à *xy* respectivement par *a'* et *b'* ; l'arc demandé est donc A'B'.

Vérification. — La droite A'B' doit passer par le point V.

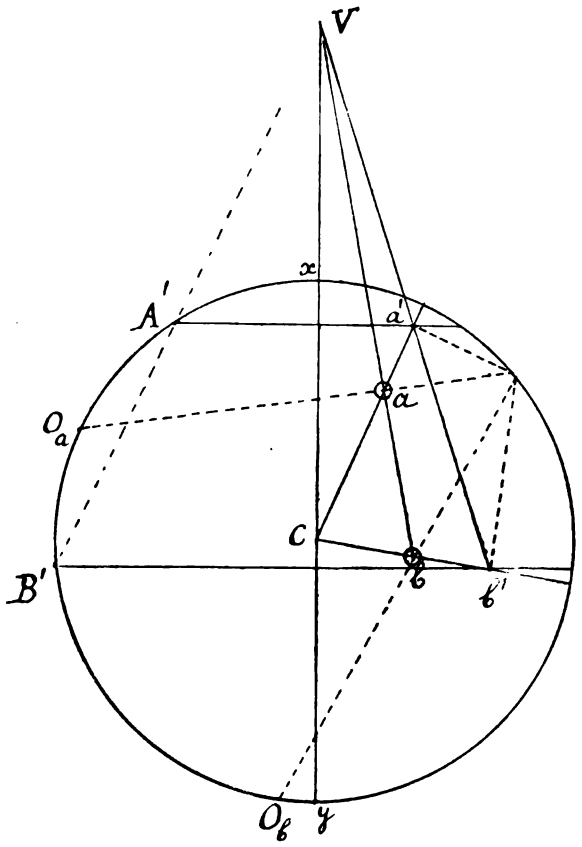


Fig. 18.

e)

Parmi les parallèles passant par les deux points donnés, il en existe un très facile à rabattre sur le cercle d'horizon autour de sa trace, rabattement qui donnera la corde en vraie grandeur : ce parallèle est celui qui passe par l'œil et dont la trace projection (fig. 19) est MN.

Un rabattement autour de la droite Ce perpendiculaire à MN donne en $O_e d_e$ le rabattement du diamètre de ce parallèle dirigé suivant la ligne de pente de son plan; dans le rabattement autour de MN, ce diamètre vient en

$O_r d_r$, de sorte que le parallèle rabattu est la circonférence décrite sur $O_r d_r$ comme diamètre, circonférence qui, comme vérification, doit passer par

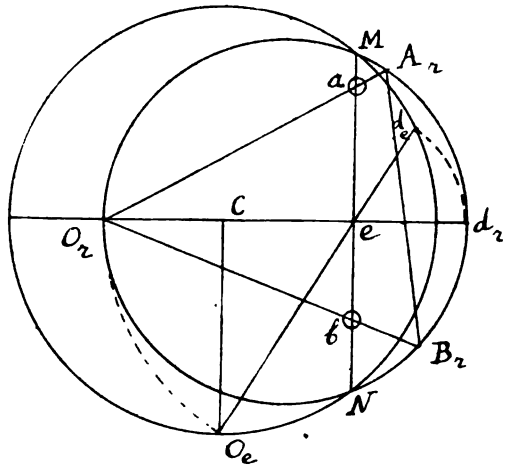


Fig. 19.

les points M et N. En traçant $O_r a$, $O_r b$, on obtient en $A_r B_r$ la corde demandée en vraie grandeur.

f)

Modification de la construction de Miller. — Miller joint les points *a*, *b* (fig. 20) au pôle *p* du grand cercle qu'ils déterminent; les droites ainsi obtenues interceptent sur le cercle d'horizon l'arc demandé en vraie grandeur. Pour obtenir le pôle du grand cercle, Miller effectue un rabattement autour de la droite *s*C normale à l'intersection *xy* du grand cercle *ab* avec le cercle d'horizon : en joignant *ye*, traçant C*g* normale à C*d*, joignant *gy*, on obtient sur *s*C le pôle *p*. Cette construction est inapplicable lorsque le grand cercle *ab* est presque normal au plan du dessin, car son centre devient inaccessible et il n'est plus possible de tracer le cercle. On est amené à chercher une construction donnant le pôle *p* du grand cercle passant par deux points *a*, *b*, sans tracer ce cercle :

α) Une première solution consisterait à décrire des points *a* et *b* comme pôles des arcs de cercle avec des intervalles de 90°; leur intersection donnerait *p*. L'épure est très compliquée.

β) Supposons le diamètre xy, intersection du cercle ab avec le cercle d'horizon, obtenu, soit à l'aide de la projection orthogonale (voir fig. 18), soit en faisant passer un cercle quelconque par a et b, cercle dont la corde d'intersection avec le cercle d'horizon coupe ab en un point du diamètre cherché. Joignons ax, ay; les angles xay, xey sont égaux comme inscrits au même segment; il s'ensuit qu'en désignant l'angle fay par α, les angles à la

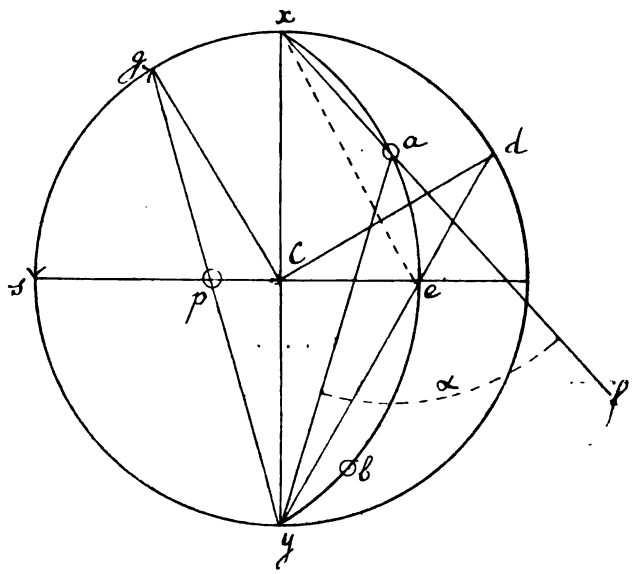


Fig. 20.

base du triangle isoscèle xey valent $\frac{\alpha}{2}$; il en est de même pour ceux du triangle dCy; donc : $\widehat{xCd} = \alpha$, et, par conséquent : $\widehat{sCg} = \alpha$.

Il suffira donc de faire un angle sCg égal à yaf et de joindre gy pour obtenir le pôle p.

Conclusion. — Ainsi modifiée, la construction de Miller est applicable même lorsque le centre du cercle ab se trouve hors du cadre de l'épure; seulement, on suppose encore que la corde ab rencontre la droite xy dans les limites du dessin; dans le cas contraire, on pourrait, il est vrai, mener par C une droite convergeant vers le point inaccessible où les projections stéréographique et orthogonale de la corde se rencontrent; mais la solution reste compliquée. Il en est de même de la solution d). Les autres solutions sont générales. Les plus simples, pratiquement, sont c) et e).

V.

LE MYCÉLIUM

DE

"LEPIOTA MELEAGRIS„ (SOW.) SACC.

(COCCOBOTRYS XYLOPHILUS [Fr.] Boud. et Pat.)

PAR

CHARLES VAN BAMBEKE

MEMBRE DE L'ACADÉMIE

(Présenté à la Classe des sciences dans la séance du 12 octobre 1901.)

AVANT-PROPOS

A la séance du 2 décembre 1900 de la Société royale de botanique de Belgique, j'ai donné lecture d'une notice intitulée : Le *Coccobotrys xylophilus* (Fr.) Boud. et Pat. (*Cenococcum xylophilum* Fries) est le mycélium du *Lepiota meleagris* (Sow.) Sacc. (1.) Je disais à la fin de cette notice : « En vue de l'examen microscopique, le mycélium fixé par l'alcool à 90° a été préparé soit par dissociation, soit par le procédé des coupes. Sur les préparations ainsi faites et colorées de diverses façons, nous avons pu constater l'exactitude des descriptions et des figures données par les savants mycologistes français; nous sommes persuadé toutefois que certains détails de structure assez intéressants leur ont échappé. Le temps nous a fait défaut pour étudier à loisir nos préparations microscopiques; nous comptons publier plus tard les résultats de cette étude. »

Ce sont ces résultats qui font l'objet du présent travail [1].

[1] M. le professeur L. Errera m'a fourni plusieurs renseignements qui m'ont été de la plus grande utilité. Je prie mon cher collègue d'agréer mes vifs remercîments. Je remercie aussi cordialement M. le docteur A. Vandenberghe, répétiteur à l'Université de Gand, qui a eu l'extrême obligeance de préparer à mon intention divers réactifs que j'ai employés dans le cours de mes recherches.

AVANT-PROPOS.

Comme cela ressort d'ailleurs de la description donnée par Boudier et Patouillard de ce qu'ils appellent le *Coccobotrys xylophilus*, il faut distinguer dans le mycélium du *Lepiota meleagris*, les filaments mycéliens et les grains ou corpuscules attachés à ces derniers. Notre travail comprendra deux parties, la première consacrée à l'étude des filaments mycéliens, la seconde à celle des grains.

LE MYCÉLIUM

DE

"LEPIOTA MELEAGRIS„ (SOW.) SACC.

(COCCOBOTRYS XYLOPHILUS [Fr.] Boud. et Pat.)

I. — FILAMENTS MYCÉLIENS.

Dans leur notice, Boudier et Patouillard caractérisent le mycélium de *Coccobotrys xylophilus* par le terme « rhizomorphoïde » (4, p. 142). Les filaments mycéliens doivent se ranger dans la variété de mycélium que j'ai désignée ailleurs sous le nom de mycélium nématoïde ou filamenteux (24, p. 11), qui correspond à « la forme filamenteuse du mycélium » de Patouillard (17, p. 24), aux « fädige Mycelien » de de Bary (1, p. 18); comme on le verra par la description qui va suivre, eu égard à leur structure, ils appartiennent aux « agglomérations mycéliennes en cordons, différenciées avec écorce », de la classification donnée par Ch. Bommer (3, p. 99).

D'après Boudier et Patouillard, le mycélium est « assez épais, très rameux, de couleur ocracée fauve » (4, p. 142). Sur nos exemplaires, la plupart des gros filaments ne mesurent guère qu'un $^1/_2$ millimètre d'épaisseur; chez quelques rares filaments elle atteint 1 millimètre; par contre, les filaments les plus minces, de dimension microscopique, ne mesurent parfois que 15 μ de diamètre. Entre ces extrêmes, on trouve de nombreuses dimensions intermédiaires. La couleur ocracée fauve dont parlent Boudier et Patouillard est propre aux filaments les plus épais, les fines ramifications sont blanchâtres.

CONSTITUTION DES FILAMENTS MYCÉLIENS.

Le mycélium, disent Boudier et Patouillard, « est formé de nombreuses hyphes à parois épaisses, mais très ténues, à peine ou non septées et réunies en cordons plus ou moins épais » (4, p. 142, pl. V, fig. 1, *fg.*). Sa structure n'est pas aussi simple; en réalité, trois espèces d'hyphes entrent dans la constitution des filaments, savoir :

a) Des hyphes filamenteuses;

b) Des hyphes à cristalloïdes;

c) Des hyphes vasculaires.

Les deux premières espèces se rencontrent dans tous les filaments, quelle que soit leur épaisseur; les hyphes vasculaires peuvent faire défaut, et il m'a paru qu'elles sont toujours absentes dans les filaments les plus déliés.

A. — Hyphes filamenteuses.

a) *Siège.* — Ces hyphes correspondent à celles décrites et figurées par Boudier et Patouillard, et qui, d'après ces savants, forment tout le cordon. Eu égard à leur siège, on pourrait les désigner sous le nom d'hyphes périphériques des cordons ou filaments; ce sont, en effet, les plus externes, elles forment gaine autour des autres hyphes (pl. I, fig. 1, 2 *hf*, pl. IV, fig. 2, *hf.*). Les hyphes filamenteuses donnent naissance à une couche en général d'autant plus épaisse que le filament auquel elles appartiennent est plus fort. Ce sont elles qui communiquent aux gros cordons la couleur ocracée fauve signalée plus haut.

b) *Caractères.* — Les hyphes filamenteuses, très longues et épaisses en moyenne de 2 à 3 μ seulement, sont cylindriques, mais assez fréquemment atténuées et terminées en pointe à leurs extrémités (pl. II, fig. 13, 16). La forme cylindrique se dessine nettement sur les coupes transversales optiques ou réelles des hyphes (pl. I, fig. 2, *hf*). La plupart courent dans le sens de la longueur des cordons, en décrivant un trajet plus ou moins ondulé,

quelquefois hélicoïde (pl. I, fig. 1, *hf.*, pl. IV, fig. 2, *hf.*). Leurs parois, épaisses limitent une lumière étroite qui s'élargit en certains points, notamment aux endroits de bifurcation (voir plusieurs figures de la pl. II). Malgré l'épaisseur de leur membrane, elles paraissent très molles et très flexibles; on peut surtout s'en assurer dans les préparations faites par dissociation, où il n'est pas rare de trouver des hyphes repliées sur elles-mêmes de diverses façons, et dont la figure 14 de la planche II donne un exemple.

On a vu que là où les hyphes filamenteuses sont accumulées en grand nombre, elles déterminent la couleur ocracée fauve des filaments; mais lorsqu'elles sont isolées ou en couche mince, leur coloration est jaunâtre pâle. Certaines teintures communiquent aux parois une coloration spéciale, tandis que d'autres teintures sont sans action sur ces parois : ainsi celles-ci n'absorbent pas le carmin ou ne l'absorbent guère, prenant tout au plus une teinte faiblement rosée; par le rouge Congo, elles se colorent en rouge-orange; après double coloration par la safranine et le vert lumière, elles fixent la safranine et prennent un ton rouge vif; dans les préparations traitées par l'éosine et l'hématoxyline, elles se colorent en rose; enfin, par l'emploi du mélange Biondi-Heidenhain, elles tranchent sur les autres parties constituantes des filaments par un ton rouge brun.

Quand on traite les filaments mycéliens par une solution de ferrocyanure de potasse acidulée par l'acide acétique, puis, après lavage à l'eau, par une solution de chlorure ferrique, ils prennent une coloration bleue très prononcée. Si, après dissociation, on examine ensuite la préparation au microscope, on constate que la coloration porte notamment en partie sur les hyphes filamenteuses.

Aucune modification par le chlorure de zinc iodé. L'iode (réactif Errera) colore les hyphes filamenteuses en jaune brunâtre.

On a vu que, d'après Boudier et Patouillard, les hyphes qu'ils décrivent et qui correspondent à nos hyphes filamenteuses, sont à peine ou non septées. Nulle part je n'ai pu découvrir de cloisons sur leur trajet; certaines images, il est vrai, aux endroits où naissent des ramifications, peuvent en imposer pour un cloisonnement qui, en réalité, n'existe pas, comme il est facile de s'en assurer en changeant la distance focale (pl. II, fig. 10, 12, *r.*).

L'examen des hyphes filamenteuses en place ne permet pas de saisir nettement tous leurs caractères; il importe, pour ce motif, de s'adresser aux préparations faites par dissociation. On constate alors qu'à côté des hyphes régulièrement cylindriques et indivises, il en est d'autres, d'aspects variés, surtout en rapport avec la division de ces hyphes. Cette division s'accuse par une petite saillie de forme triangulaire, au niveau de laquelle la cavité centrale présente une légère dilatation (pl. II, fig. 5, 6, 7, 13 *b.*); les saillies se rencontrent aussi bien sur le trajet des hyphes qu'à leur terminaison; si elles sont situées à peu de distance de cette dernière, il arrive un moment où l'hyphe se partage en deux branches de longueur égale ou à peu près égale; cette disposition en impose pour une division dichotomique, alors qu'il s'agit, du moins dans la plupart des cas, d'une division monopodiale. Quand les deux branches de même longueur sont en même temps d'égale épaisseur (pl. II, fig. 1), il est bien difficile de trancher la question de savoir si l'on a sous les yeux une division monopodiale ou une vraie division dichotomique. Il est d'ailleurs certaines images que l'on pourrait interpréter dans le sens d'une division dichotomique à son début (pl. II, fig. 4). L'hyphe reproduite planche II, figure 13 se termine par deux branches à peu près de même longueur et de même diamètre; l'une, un peu plus longue que sa congénère, a déjà donné naissance, du côté interne, à une branche secondaire (*bs.*), et, un peu au-dessous de cette branche, on voit poindre un nouveau bourgeon (*b'*). Les figures 12 à 17 montrent d'autres exemples de divisions sur lesquels je crois inutile d'insister.

Une question difficile à résoudre est celle de savoir s'il existe une continuité entre les hyphes filamenteuses et les autres parties constituantes des cordons. Quoiqu'il faille admettre une origine commune de tous les éléments que les cordons renferment, non seulement les hyphes filamenteuses tranchent par leur forme, leur trajet, leur coloration, l'épaisseur de leurs parois, en un mot, par tous leurs caractères sur les hyphes qu'elles engainent, mais nulle part on ne découvre de passage manifeste des hyphes périphériques aux hyphes centrales. Toutefois une particularité de certaines hyphes filamenteuses, que j'ai rarement rencontrée, il est vrai, parle en faveur d'une continuité entre les deux types : c'est la présence, à l'extrémité d'une hyphe

filamenteuse, d'un prolongement de même diamètre que l'hyphe à l'endroit où il se continue avec elle, mais à parois minces, membraneuses, incolores, rappelant celles des hyphes les plus délicates de la partie centrale des cordons (pl. II, fig, 11, *p.*).

B. — Hyphes a cristalloïdes.

Ces hyphes qui forment la plus grande masse de ce qu'on pourrait appeler le cylindre central des filaments, et qui seules le représentent dans les filaments les plus fins, se distinguent par tous leurs caractères des hyphes filamenteuses.

Leurs dimensions varient : à côté d'éléments relativement volumineux et que je désignerai sous le nom de *grosses hyphes du cylindre central,* il en est d'autres plus déliés, remplissant les interstices laissés libres par les premiers; je les appellerai *fines hyphes du cylindre central.* Il existe d'ailleurs une continuité entre ces deux types, et on trouve de nombreux passages de l'un à l'autre.

1. — Grosses hyphes du cylindre central.

Les grosses hyphes sont les plus nombreuses; ce sont elles qui attirent tout d'abord l'attention quand on examine soit les filaments entiers vus par transparence, soit des filaments dissociés, soit enfin les coupes longitudinales ou transversales de filaments mycéliens.

Ces hyphes sont cylindriques, à trajet en grande partie parallèle à la longueur des filaments, et formées de cellules plus ou moins nombreuses, situées bout à bout (pl. III, fig. 1; pl. IV, fig. 2). En certains points, de grosses hyphes font hernie à travers la gaine d'hyphes filamenteuses et viennent saillir à la surface de cette gaine (pl. I, fig. 4).

La forme et les dimensions des cellules constituant ces hyphes varient : la plupart affectent la forme de cylindres droits ou plus ou moins infléchis ou incurvés, le plus souvent d'épaisseur uniforme, mais parfois aussi plus larges en certains points, plus rétrécis, même comme étranglés en d'autres points (voir les figures de la planche III).

La longueur des cellules cylindriques peut atteindre 165 μ et même au delà; leur diamètre transversal oscille entre 9 et 18 μ. Mais, à côté des cellules cylindriques, il en est dont la longueur ne dépasse guère la largeur; parfois même les deux dimensions se correspondent, d'où une forme plus ou moins ovoïde ou sphérique (pl. I, fig. 4, *a.*; pl. III, fig. 11, *sp.*).

La forme cylindrique des cellules s'observe parfois dans les préparations par dissociation (pl. III, fig. 15, *o.*), mais surtout sur les coupes transversales de filaments (pl. I, fig. 2). Sur ces dernières, entre les champs circulaires, on en distingue d'autres ovalaires ou irrégulièrement polygonaux; ces derniers appartiennent à des cellules prismatiques, forme qui est due sans doute à des pressions subies; il est probable que certains champs de forme plus irrégulière doivent leur origine à l'action de l'alcool employé comme fixateur.

Les extrémités des cellules sont presque toujours arrondies et souvent un peu dilatées, d'où un léger étranglement aux endroits de soudure des cellules.

Certaines cellules montrent une tendance à s'incurver à leurs extrémités (pl. III, fig. 5, *i*; fig. 14, *i.*) ou à se replier sur elles-mêmes : telle la cellule reproduite planche III, figure 10, *b.*

Au point de vue de leur *structure,* les grosses hyphes présentent à considérer la membrane et le contenu.

La *membrane* à double contour est transparente et incolore; aux endroits de soudure des cellules, c'est-à-dire aux cloisons qui les séparent, existent souvent des ponctuations à l'aide desquelles les cellules communiquent entre elles (pl. III, fig. 1, *p.*, *p.*, *p.*; fig. 5, *c.*; fig. 7, *p.*). Parfois, au lieu d'une soudure par l'union de deux surfaces convexes, on trouve une dépression de l'extrémité de l'une des cellules, dépression dans laquelle s'engage l'extrémité convexe de la cellule voisine (pl. III, fig. 15).

Le contenu consiste, en grande partie, en un *protoplasma* le plus souvent finement, d'autres fois grossièrement granuleux. Il se colore en rose par le carmin, en rouge rosé par le rouge Congo, en violet après double coloration par l'hématoxyline et l'éosine, en verdâtre ou bleu verdâtre par l'emploi simultané de la safranine et du vert lumière, en vert plus ou moins prononcé par le mélange Biondi-Heidenhain.

Le noyau petit, de forme ellipsoïde se trouve appliqué contre la membrane de la cellule. La figure 3 de la planche I représente un fragment de coupe longitudinale d'un filament mycélien, après coloration par le rouge Congo. Une des cellules renferme deux noyaux.

Mais ce qui caractérise surtout le contenu des cellules, c'est la présence d'enclaves sous forme de cristalloïdes.

Cristalloïdes.

On peut dire qu'il n'est pas de cellule dépourvue de cristalloïdes, et le plus souvent chaque cellule en renferme plusieurs.

a) *Forme.* — La forme varie; toutefois de loin la plus fréquente est celle d'un rhombe régulier (pl. I, fig. 1, 2, 3, 4; les fig. de la pl. III; pl. IV, fig. 2). Elle correspond à la forme qui, d'après Zimmermann, se rencontre pour les cristalloïdes nucléaires et autres de plusieurs Ptéridophytes, et pour des cristalloïdes de Phanérogames, ceux de *Melampyrum arvense* et de *Russelia juncea,* par exemple (28, pl. IV, fig. 25 et 26). Cette même forme se retrouve aussi dans les tissus animaux : ainsi c'est celle de certains cristalloïdes découverts par Prenant dans la glandule thymique du Caméléon (19, pl. V, fig. 5).

Mais les cristalloïdes se présentent fréquemment sous d'autres aspects : il en est d'une forme pentagonale (pl. III, fig. 2, *cp.*); ils rappellent ceux d'une forme analogue décrits et figurés par Zimmermann dans le noyau des cellules épidermiques de l'*Hippuris vulgaris* (28, p. 7, pl. II, fig. 18). Nous avons rencontré aussi, quoique rarement, la forme sphérique (pl. III, fig. 5, *c., sp.*; fig. 14, *c., sp.*). Cette même forme est signalée par Zimmermann pour les cristalloïdes nucléaires de l'épiderme de la feuille de *Lophospermum scandens* (28, pl. IV, fig. 27). L'auteur, attirant l'attention sur les aspects variés sous lesquels se montrent les cristalloïdes, s'exprime comme il suit : « Es kommen in dieser Hinsicht alle Uebergänge vor, bis zu Körpern, die in ihrer Gestalt nur wenig von den Kugel abweichen » (28, p. 56). Prenant, de son côté, insiste également sur la variabilité de forme des

cristalloïdes, et sur l'existence de formes de passage de productions amorphes à des cristalloïdes parfaits : « Il semble donc, dit cet anatomiste, que les matières protéiques peuvent se présenter sous une forme cristalline plus ou moins bien définie, et se montrer comme cristalloïdes imparfaits, comme cristalloïdes, ou même comme de vrais cristaux » (18, p. 4)[1].

Certaines formations rencontrées dans nos hyphes mycéliennes viennent se ranger dans le groupe des cristalloïdes imparfaits, et fournissent une preuve nouvelle en faveur de la manière de voir de Prenant (pl. III, fig. 9, *ci.*, *ci.*; pl. IV, fig. 3, *a.-f.*).

b) *Dimensions.* — Les dimensions aussi sont variables. Il suffit d'un coup d'œil jeté sur nos figures pour s'en assurer. Le diamètre des cristalloïdes est compris, en moyenne, entre 3 et 9 μ; les plus gros cristalloïdes présentent, par conséquent, un volume relativement considérable, et peuvent être considérés comme des cristalloïdes géants. Mais il en est aussi de dimension infiniment moindre et qui se trouvent parfois à la limite de l'observation microscopique. Nous y reviendrons plus loin.

Les cristalloïdes, dit avec raison Zimmermann, croissent avec le développement des organes qui les renferment (28, p. 113). Ce fait se vérifie pour les hyphes qui nous occupent : c'est, en effet, dans les plus développées, qu'on trouve les cristalloïdes les plus volumineux.

On admet généralement que les cristalloïdes sont susceptibles de s'accroître par apposition ou intussusception. A en juger par certaines images que nous avons rencontrées dans les hyphes à cristalloïdes, il faudrait

[1] M. le professeur Renard, qui a bien voulu se charger, à ma demande, d'examiner, au point de vue cristallographique, les cristaux dont il est question ici, m'écrit ce qui suit : « Les cristalloïdes de *Lepiota* que j'ai examinés au microscope ne me paraissent pas susceptibles d'une détermination exacte, à cause de leurs faibles dimensions, de la substance colorante et du vague de leur forme cristallographique. Ils mesurent en moyenne $^1/_{300}$ à $^1/_{1000}$ de millimètre, ne réagissent pas entre nicols croisés et, quant aux formes, tout ce que je puis en dire, c'est qu'elles sont quelquefois plus ou moins arrondies; mais généralement on reconnaît un contour quadratique; dans quelques cas on croit entrevoir des facettes de pyramide. » Je tiens à exprimer à mon cher et savant collègue, toute ma reconnaissance.

admettre en outre un mode d'accroissement par soudure et fusion de cristalloïdes (pl. III, fig. 2, *cp.*; fig. 13, *a.*; pl. IV, fig. 3, *g.*, *h.*, *i.*).

c) *Constitution.* — La substance des cristalloïdes est homogène, sans structure appréciable, et très réfringente, moins toutefois, comme le remarque Zimmermann, que celle des cristaux d'oxalate de calcium.

L'action des réactifs dénote la nature albuminoïde de cette substance. Par le réactif de Millon, les cristalloïdes se colorent en rouge ; par la solution de ferrocyanure de potasse acidulée par l'acide acétique, puis, après lavage à l'eau, par le chlorure ferrique, ils prennent une coloration bleue très prononcée.

d) *Colorabilité.* — La forte susceptibilité de coloration des cristalloïdes a fixé l'attention de tous les auteurs qui se sont occupés de ces formations ; elle se constate aussi bien pour ceux des cellules végétales que pour ceux des cellules animales. Parmi les propriétés qui paraissent être définitivement acquises aux cristalloïdes, Prenant indique leur érytrophilie, c'est-à-dire la propriété qu'ils possèdent de se colorer exclusivement par les matières rouges et jaunes (19, p. 83). Sans doute, les cristalloïdes de nos hyphes mycéliennes montrent une grande affinité pour les teintures rouges. Ainsi, ils se colorent en rouge rosé par le carmin, en rouge vif par la safranine, en rouge-carmin par la fuchsine ; mais ils montrent aussi de l'affinité pour d'autres colorants : ils fixent le vert de méthyle après traitement par une solution acide de ce colorant; le mélange de Biondi-Heidenhain leur communique un ton rouge-carmin très prononcé, comme le prouvent la plupart de nos figures; mais, si la préparation est conservée dans la glycérine, cette coloration disparaît après un certain temps, et se trouve remplacée par un ton vert produit par le vert de méthyle que la teinture renferme. Après double coloration par l'éosine et l'hématoxyline, les cristalloïdes fixent surtout cette dernière substance et se colorent en violet. Dans notre travail sur les cristalloïdes de l'oocyte de *Pholcus phalangioides*, nous avons signalé l'affinité de ces éléments pour l'hématoxyline (25, p. 73). D'ailleurs Prenant dit, en un autre endroit du mémoire cité plus haut : « La colorabilité des formations cristal-

loïdes est en général très grande, et *souvent* [1] elles sont nettement érytrophiles » (19, p. 96). Nous aurons à revenir sur ces différences de coloration et sur l'interprétation qu'il faut en donner, dans la seconde partie de ce travail, à propos de certaines enclaves des cellules scléreuses.

e) *Siège et groupement.* — Les cristalloïdes des hyphes du mycélium de *Lepiota meleagris* doivent se ranger dans le groupe des cristalloïdes cytoplasmiques de Zimmermann. On peut les rencontrer en divers endroits du cytoplasma, mais leur siège de prédilection correspond aux extrémités des cellules (voir notamment les fig. de la pl. III). Sur la figure 5 de cette planche, ont voit un cristalloïde renfermé dans la cellule *b* pénétrer par un de ses angles à travers la ponctuation de la cloison dans la cellule *a*.

Les cristalloïdes sont tantôt isolés, tantôt groupés en nombre plus ou moins grand. On distingue des groupes formés de plusieurs cristalloïdes dans les figures 2 et 13 de la planche III. Il arrive alors que parfois ces formations se déforment par pression réciproque et aussi se soudent entre elles. Ce groupement rappelle celui des cristalloïdes nucléaires du fruit mûr d'*Alectorolophus major*, décrit et figuré par Zimmermann (28, p. 113, pl. IV, fig. 16).

f) *Mode de genèse.* — Dans mon travail déjà cité sur les cristalloïdes rencontrés dans l'oocyte de *Pholcus phalangioides*, je me suis assez longuement étendu sur le mode de genèse de ces formations. Je me bornerai, pour ce motif, à exposer brièvement les deux opinions principales en présence, renvoyant, pour de plus amples détails, au travail susdit, où le lecteur trouvera également les renseignements bibliographiques qui se rapportent à la question (25, pp. 78 et suiv.).

D'après une première opinion soutenue par plusieurs botanistes et aussi par certains biologistes qui ont étudié les cristalloïdes des cellules animales, ces productions ne revêtent pas d'emblée leur forme caractéristique, mais

[1] Le mot souligné ne l'est pas dans le mémoire.

résultent de la fusion ou de la transformation d'éléments non encore cristalloïdes, souvent sous forme de granules.

D'après une seconde opinion, les cristalloïdes se présentent de prime abord avec leur forme caractéristique.

Dans mon travail sur l'oocyte de *Pholcus*, je me suis prononcé en faveur de la première opinion. Sans vouloir trancher la question du mode de genèse des cristalloïdes de notre mycélium, je suis toutefois porté à croire que ce mode vient plutôt corroborer la seconde manière de voir. Dès leur apparition, en effet, et alors qu'elles sont très petites et se trouvent pour ainsi dire à la limite de l'observation microscopique, ces formations revêtent déjà leur forme caractéristique.

g) *Signification et rôle.* — Ici encore, je puis renvoyer à mon travail sur les cristalloïdes de l'oocyte de *Pholcus* (25, pp. 82-87), et rappeler simplement que, pour les uns, les cristalloïdes sont un produit de dégénérescence, que pour d'autres, en plus grand nombre, il faut les considérer comme des matériaux nutritifs de réserve, que, d'après Zimmermann, le rôle des cristalloïdes serait encore inconnu. Ce rôle, sans doute, n'est pas toujours le même, mais, dans le cas particulier qui nous occupe, la présence de cristalloïdes dans des éléments appartenant à un mycélium permet de supposer qu'ici ces enclaves remplissent bien le rôle de matériaux nutritifs de réserve.

Indépendamment des cristalloïdes rencontrés chez les Ptéridophytes par Zimmermann (28), Kraus (16), Poirault (17bis), de semblables formations ont été observées parmi les Thallophytes, chez les Algues, par Cramer (7), F. Cohn (5), G. Berthold (2), Wakker (27), Klein (14, 15), chez les Mucorinées par Klein, qui a constaté leur existence dans le tube sporangifère du *Pilobolus* (13), par L. Errera qui a étudié leur constitution chez la même espèce (9), par Van Tieghem qui les a décrites et figurées chez plusieurs autres Mucorinées (26). Tout récemment H. Will a signalé la présence de cristalloïdes dans les vacuoles de certaines cellules d'une espèce de *Mycoderma* (27bis).

Si je ne fais erreur, à côté de l'exemple fourni par le mycélium de *Lepiota*

meleagris, on n'en cite pas d'autres dans la littérature, se rapportant aux champignons supérieurs et en particulier aux Basidiomycètes[1].

2. — Fines hyphes du cylindre central.

Lorsqu'on examine les grosses hyphes encore en place dans des filaments intacts, dans les coupes microscopiques longitudinales ou transversales, et mieux encore dans des préparations de filaments dissociés, on constate que souvent ces éléments donnent naissance à des bourgeons ou à des branches toujours d'un diamètre très réduit comparativement au leur. Ces branches ou ces bourgeons se rencontrent en divers points de la cellule, et, eu égard à leur siège, on peut les distinguer en bourgeons latéraux et en bourgeons terminaux ; ces derniers sont les plus fréquents. La cellule reproduite planche III, figure 3, *b. l.*, porte un bourgeon latéral de forme claviforme, en continuité avec le corps cellulaire par son extrémité étroite. Des bourgeons terminaux se voient sur les figures 4, 14, *b. t.* de la planche III. Celui appartenant à la cellule reproduite figure 4, se continue avec cette cellule, tandis que celui représenté figure 14 se trouve déjà séparé de la cellule par une cloison. Un bourgeon situé non loin d'une des extrémités de la cellule s'observe sur la figure 10, *b. l.* Il se confond encore avec le corps de la cellule, mais, à une certaine distance de cette dernière, il se bifurque et, sur l'une des branches, une cloison de séparation est apparue.

Ces bourgeons émis par les cellules des grosses hyphes à cristalloïdes constituent en quelque sorte le trait d'union entre ces dernières et les fines hyphes dont ils représentent la première ébauche. Les fines hyphes intercalées entre les grosses hyphes n'en diffèrent, en définitive, que par la plus grande étroitesse de leur diamètre (pl. I, fig. 2, *f. h.*, fig. 6; pl. IV, fig. 1, fig. 2, *f. h.*). Celui-ci varie en moyenne entre 2 et 3 μ; on passe d'ailleurs, par une transition insensible, des hyphes de cette catégorie aux grosses hyphes du cylindre central.

[1] L'exemple fourni par le mycélium du *Lepiota meleagris* n'est plus isolé. Je viens de découvrir des hyphes à cristalloïdes dans le mycélium d'un autre *Lepiota*, le *L. cepaestipes*. Il en sera question dans une notice spéciale, en même temps que des sclérotes appartenant à ce mycélium.

Les fines hyphes, tout comme les grosses, sont riches en cristalloïdes, lesquels, nécessairement, ont des dimensions en rapport avec le calibre des hyphes qui les renferment; mais, abstraction de leur moindre volume, ces cristalloïdes, par tous leurs autres caractères, rappellent ceux des grosses hyphes.

On a vu qu'en certains points, de grosses hyphes viennent saillir à la surface des filaments mycéliens. Une semblable disposition s'observe pour les fines hyphes, et, autour de certains filaments, elle devient constante et s'exagère. On trouve alors, en rapport avec le filament et toujours en continuité avec les éléments du cylindre central à travers la gaine des hyphes filamenteuses, de fines hyphes s'entre-croisant dans toutes les directions et formant ainsi un lacis plus ou moins dense, plus ou moins serré (pl. I, fig. 6, *a.*). Cette disposition est caractéristique des filaments mycéliens qui portent les grains ou corpuscules; elle est, pour ainsi dire, le premier indice d'une autre formation, savoir la poche ou enveloppe membraneuse par l'intermédiaire de laquelle les grains sont rattachés aux filaments. Je reviendrai sur cette formation dans la seconde partie de ce travail.

C. — Hyphes vasculaires.

Les filaments mycéliens, à l'exception des plus déliés, renferment en général une ou plusieurs hyphes vasculaires (pl. I, fig. 1, 2, *h. v.*). Leur diamètre correspond sensiblement à celui des grosses hyphes à cristalloïdes, avec lesquelles elles se trouvent d'ailleurs en continuité; elles diffèrent de ces hyphes, d'abord par la plus grande longueur de leurs cellules, en d'autres termes par un plus grand écartement des cloisons, ensuite et surtout par la nature de leur contenu. Comme dans presque toutes les hyphes vasculaires, celui-ci se caractérise par son homogénéité et sa réfringence qui, tout en étant prononcée, l'est moins que celle des cristalloïdes. Je suis toutefois porté à croire qu'il existe entre le contenu des hyphes vasculaires du mycélium de *L. meleagris* et la substance des cristalloïdes que renferment d'autres hyphes de ce mycélium, une grande affinité. En présence des matières colorantes, le contenu des hyphes vasculaires se comporte comme

les cristalloïdes : ainsi il se colore en rose par l'éosine et le carmin, en rouge par la safranine; le rouge Congo lui communique, de même qu'aux cristalloïdes, un ton jaune d'or.

On trouve assez fréquemment des formes de passage d'hyphes à cristalloïdes à des hyphes vasculaires : sur l'hyphe représentée planche I, figure 5, à la cellule à cristalloïdes *h. c.*, font suite trois autres cellules *h. v*, *h. v'*, *h. v''*, qui se distinguent des grosses cellules à cristalloïdes, seulement par la nature de leur contenu; la cellule *h. v.* renferme encore un cristalloïde.

Comparaison des cordons mycéliens de Lepiota meleagris *avec ceux de* Cyathus striatus *Hoffm.*

J'ai déjà fait remarquer que, d'après la classification proposée par Ch. Bommer, les filaments mycéliens du *Lepiota meleagris* devaient se placer parmi les agglomérations mycéliennes en cordons, différenciées avec écorce. Ces filaments se rapprochent surtout, par plusieurs caractères, de ceux du *Cyathus striatus* Hoffm. Comme le dit Bommer, la différenciation en écorce et en moelle y est très nette (3, p. 13, pl. I, fig. 3); c'est aussi le cas pour les cordons du mycélium du *Lepiota meleagris*. « Le cordon de *Cyathus* possède une zone périphérique... constituée par des hyphes brunes, larges de 2-3 μ, à membrane épaisse, ne présentant pas de division en cellules; elles sont disposées longitudinalement et enchevêtrées... Elles présentent souvent des dilatations et des parties coudées, où le filament s'élargit un peu en prenant une forme anguleuse. » Tout cela, à de légères différences près, peut s'appliquer tout aussi bien aux hyphes périphériques des cordons de *Lepiota*. Celles-ci se distinguent surtout des hyphes de la zone périphérique des cordons de *Cyathus* par la présence de ramifications; en effet, d'après Ch. Bommer, les hyphes de cette dernière espèce « ne se ramifient pas, mais se soudent parfois entre elles. » Chez *Cyathus*, Bommer trouve aussi dans l'écorce des hyphes hyalines à contenu granuleux..., abondamment ramifiées, mesurant 1.5-2 μ de diamètre; leur membrane est extrêmement ténue. Les hyphes hyalines minces sont intimement mélangées aux hyphes brunes à membrane épaisse. On peut comparer à ces hyphes hyalines de

Cyathus celles qui, dans certains cordons de *L. meleagris*, se font jour à travers l'écorce, autour de laquelle elles forment alors une gaine spéciale. Bommer a pu suivre tous les stades de transformation des hyphes hyalines en hyphes brunes, par l'épaississement graduel de la membrane, la disparition du protoplasme et des cloisons. Les hyphes filamenteuses des cordons de *Lepiota* ont très probablement une semblable origine; mais, on l'a vu, tout en fixant mon attention sur ce point, il m'a été impossible de découvrir des stades de transformation comparables à ceux observés par Ch. Bommer.

La moelle des cordons de *Lepiota* rappelle aussi sous bien des rapports celle des cordons de *Cyathus*. Indépendamment des hyphes vasculaires propres à la moelle des deux espèces, celle de *Cyathus* comprend deux sortes d'hyphes disposées parallèlement au grand axe du cordon, les unes larges, mesurant en moyenne 15 μ de diamètre, les autres étroites, mesurant 3-7 μ seulement. On peut les comparer aux grosses et aux fines hyphes de la moelle de *Lepiota*. Comme celles de cette espèce, les hyphes larges de *Cyathus* sont divisées en cellules par des cloisons transversales; seulement les cellules de *Cyathus* contiennent toujours des cristaux octaédriques d'oxalate de chaux, au lieu des cristalloïdes que renferment celles de *Lepiota*.

D'après Ch. Bommer, les éléments les plus minces de la moelle de *Cyathus* sont semblables aux hyphes minces de l'écorce. Ceci vient corroborer la comparaison que nous avons faite des hyphes hyalines de l'écorce des cordons de *Cyathus* avec les fines hyphes qui, chez *Lepiota*, se trouvent, en certains points, en dehors de la zone périphérique.

En résumé, nous pouvons appliquer aux cordons mycéliens de *Lepiota meleagris*, ce que dit Ch. Bommer de ceux de *Cyathus striatus* : ces cordons « atteignent un haut degré de différenciation. Les hyphes corticales présentent une division du travail physiologique très nette, les unes assumant uniquement le rôle d'organes de protection et perdant complètement le caractère de tissu vivant [1], les autres conservant, au contraire, ce caractère dans son intégrité et fonctionnant comme organes d'absorption. » (3, p. 15.)

[1] Ceci n'est pas absolument applicable aux hyphes filamenteuses des cordons de *Lepiota*.

Peut-on pousser plus loin la comparaison et admettre, pour les trois sortes d'éléments de la moelle des cordons de *Lepiota,* les fonctions distinctes attribuées, par Bommer, aux éléments correspondants de la moelle des cordons de *Cyathus?* Je n'oserais l'affirmer. Pour Bommer, chez *Cyathus,* les éléments minces forment la partie active des tissus, les hyphes vasculaires localisent les réserves, et les éléments larges servent vraisemblablement à localiser les produits d'excrétion, comme le prouvent les cristaux d'oxalate de chaux qui s'y rencontrent d'une manière constante.

Chez *Lepiota,* les fines hyphes représentent-elles seules la partie active des tissus, et ne partagent-elles pas plutôt ce rôle avec les grosses hyphes du filament?

Rappelons que les deux sortes d'éléments sont reliés entre eux par de nombreuses formes intermédiaires, qu'ils ne diffèrent que par leurs dimensions, que le contenu est le même ; tous renferment des cristalloïdes. Ceux-ci sont-ils, comme les cristaux d'oxalate de chaux de *Cyathus,* de simples produits d'excrétion, et ne jouent-ils pas plutôt le rôle de matériaux nutritifs de réserve, tout comme le contenu des hyphes vasculaires avec lequel, abstraction faite de leur forme, ils ont maints points de ressemblance?

Comparaison des hyphes constituantes du carpophore de Lepiota meleagris *avec celles des filaments mycéliens.*

Il était intéressant de rechercher si des hyphes analogues à celles des filaments du mycélium se retrouvent dans la carpophore. Or, parmi les éléments entrant dans la constitution du stipe de *Lepiota meleagris,* il en est deux rappelant des formes correspondantes des cordons mycéliens : ce sont les hyphes à cristalloïdes et les hyphes vasculaires. Les hyphes à cristalloïdes qui constituent la majeure partie de la paroi du stipe rappellent, par tous leurs caractères, celles du cylindre central des cordons; comme ces dernières, elles renferment des cristalloïdes; seulement ceux-ci sont relativement moins nombreux et aussi, en général, de dimension moindre que ceux des hyphes des cordons (pl. I, fig. 7, *hc.*). Les hyphes vasculaires sont peu abondantes.

A la surface du stipe, les hyphes aboutissent à des poils claviformes et à des cellules comparables à des cystides (pl. I, fig. 7, *p. p.*); mais on trouve aussi, au niveau de cette surface, entremêlées aux éléments qui précèdent, des hyphes fines formant lacis et rappelant celles qui, en certains endroits, entourent les filaments mycéliens.

La chair du pileus se compose, en grande partie, d'hyphes encore comparables, sous plusieurs rapports, à celles du cylindre central des filaments mycéliens; les cristalloïdes s'y retrouvent, mais rares et toujours de petites dimensions. Cette circonstance ne vient-elle pas à l'appui de la signification de matériaux de réserve que nous croyons devoir attribuer aux cristalloïdes? Ces formations, abondantes dans le mycélium, se rencontrent, mais déjà moins nombreuses, dans le stipe du carpophore et diminuent de plus en plus à mesure qu'on s'éloigne de la base de ce dernier. Leur diminution progressive à partir de ce point ne prouve-t-elle pas qu'elles sont utilisées pour servir à l'édification du carpophore et notamment de l'hyménium?

II. — GRAINS OU CORPUSCULES.

Les grains ou corpuscules sont appendus aux filaments du mycélium par l'intermédiaire d'une poche ou enveloppe issue de ces filaments; nous reviendrons sur cette enveloppe à propos de la structure des grains, et nous verrons alors qu'elle correspond, partiellement du moins, à la « croûte filamenteuse de même couleur que le mycélium et peu épaisse, dont les hyphes sont semblables », décrite par Boudier et Patouillard (4, p. 142). Comme le disent les mycologues français, les grains, de forme sphérique, mesurent de 1 à 2 millimètres de diamètre, et sont de consistance très dure; leur dureté est, en effet, très grande : quand on les divise à l'aide d'un scalpel ou qu'on les brise, on constate que cette dureté a son siège dans la partie externe des grains, sorte d'écorce entourant un contenu, la moelle, de consistance beaucoup moindre.

D'après Boudier et Patouillard, sous ce qu'ils appellent « croûte filamen-

teuse ou écorce et qu'il ne faut pas confondre avec la partie que nous venons de designer sous ce nom, « on voit à la coupe plusieurs zones de couleurs différentes. La première d'un noir de poix, plus épaisse et très dure, dont la couleur se fond avec une seconde aussi large mais rouge et presque aussi ferme. Toutes deux souvent pénétrées par des hyphes analogues à celles de la partie externe. Enfin la partie centrale est plus friable et d'une couleur ocracée pâle, se teintant souvent de rouge, mais souvent aussi blanchâtre lorsqu'elle se dessèche » (4, p, 142, fig. 1, *d. e.*). Ces zones se voient encore nettement sur les coupes d'objets conservés dans l'alcool et examinées à un faible grossissement, soit à la lumière incidente, soit à la lumière transmise. Nous aurons à rechercher à quelles couches elles correspondent, eu égard à la structure des grains.

CONSTITUTION DES GRAINS.

Pour arriver à connaître la constitution des grains, nous nous sommes servi, comme pour l'étude des filaments mycéliens, de la dissociation et du procédé des coupes. Seulement, par suite de la dureté de la couche corticale, la dissociation présente d'assez sérieuses difficultés. Celles-ci sont quelque peu atténuées lorsque, après avoir soumis les grains pendant quelques minutes à une ébullition dans l'eau, on les écrase ensuite sur la lame porte-objet; encore faut-il avoir soin, pour obtenir une préparation convenable, d'enlever les plus gros fragments de l'écorce qui empêcheraient, par leur présence, une bonne application de la lamelle couvrante. Les éléments dissociés ont été traités par divers réactifs et colorés de différentes façons, puis, s'il s'agissait de préparations destinées à être conservées, par la glycérine ou par le baume du Canada. Les coupes d'objets fixés par l'alcool ont aussi été colorées par diverses teintures et conservées dans le baume.

Indépendamment de l'enveloppe mycélienne qui rattache les grains aux filaments du mycélium, il importe de distinguer, dans le grain proprement dit, les deux parties que nous avons désignées sous les noms d'écorce et de moelle.

A. — Enveloppe mycélienne.

En parlant des fines hyphes à cristalloïdes, nous disions qu'en certains endroits ces hyphes, devenues périphériques, s'entre-croisent en tous sens, formant ainsi un réseau plus ou moins dense et plus ou moins serré. Nous ajoutions que cette disposition est caractéristique des filaments mycéliens qui portent les grains sphériques, qu'elle prélude en quelque sorte à la formation d'une poche ou enveloppe membraneuse par l'intermédiaire de laquelle les grains se rattachent aux filaments. Cette disposition rappelle, toutes proportions gardées, l'enveloppe génératrice formée par le mycélium autour de certains *Elaphomyces*, l'*E. mutabilis*, par exemple (**22**, pl. III, fig. 1).

L'enveloppe mycélienne ou des fragments de cette enveloppe détachés de la surface des grains et examinés à plat au microscope, se montrent constitués d'un lacis de fines hyphes à cristalloïdes réunies entre elles par une délicate expansion membraneuse; l'existence de cette dernière se constate facilement sur les préparations colorées par l'éosine ou l'hématoxyline, par exemple; les hyphes et la mince membrane qui les réunit réagissent d'ailleurs vis-à-vis des matières colorantes comme les autres hyphes à cristalloïdes. Une particularité de l'enveloppe membraneuse résulte de la présence fréquente, dans sa substance, de nombreux cristaux d'oxalate de chaux.

On a vu que, d'après Boudier et Patouillard, les deux zones noire et rouge sous-jacentes à ce qu'ils appellent la croûte filamenteuse, sont souvent pénétrées par des hyphes analogues à celles de cette croûte. Or, abstraction faite d'une continuité de l'enveloppe membraneuse avec la substance du grain, continuité sur laquelle nous reviendrons, les hyphes auxquelles les auteurs français font allusion sont identiques non à celles de l'enveloppe mycélienne, mais à celles de notre écorce.

B. — Couche corticale.

(Pl. IV, fig. 4.)

Les hyphes constituantes de la couche corticale rappellent, à première vue, les hyphes filamenteuses des cordons mycéliens; comme celles-ci, elles mesurent en moyenne de 2-3 μ de diamètre, ont des parois épaisses

délimitant une lumière étroite, et se comportent comme ces hyphes en présence des matières colorantes. Leur couleur naturelle est ocre pâle ou jaunâtre lorsqu'elles sont vues isolément ou en couche mince, mais elle passe à l'ocre foncé et même à l'ocre brun, quand les hyphes s'accumulent et se superposent.

Dans les préparations traitées par une solution de ferrocyanure de potasse acidulée par l'acide acétique, puis, après lavage à l'eau, par une solution de chlorure ferrique, la plupart des hyphes corticales prennent un ton bleu foncé, tandis que certaines hyphes gardent leur coloration naturelle ocre ou ocre brun.

Par l'iode ioduré, les hyphes de l'écorce se colorent en brun, et cette coloration persiste après chauffage (pl. IV, fig. 5).

Eu égard à leur groupement, les hyphes constituantes de l'écorce permettent de distinguer, dans cette dernière, trois zones : une externe ou périphérique, une moyenne ou intermédiaire, et une interne.

Le diamètre de la couche corticale est d'environ 176 μ, dont 88 μ pour la zone moyenne, et 44 μ pour chacune des zones externe et interne.

a) *Zone externe* (fig. 4, *z. r.*). — Elle est peu dense; les hyphes, à trajet plus ou moins flexueux, y affectent des directions différentes, mais la plupart irradient de la zone moyenne vers l'enveloppe membraneuse, ce qui mériterait à la zone externe le nom de zone radiaire.

Après traitement par diverses teintures, la coloration des hyphes de cette zone tranche sur celle de l'enveloppe membraneuse. Ainsi, par le liquide Biondi-Heidenhain, elles prennent une belle couleur orange, alors que l'enveloppe mycélienne fixe surtout le vert de méthyle; après double coloration par l'éosine et l'hématoxyline, elles se colorent en rouge rosé, tandis que l'enveloppe fixe l'hématoxyline; par la safranine et le vert lumière, l'enveloppe devient en général verdâtre, les hyphes de la zone radiaire fixant la safranine et prenant un ton rouge. Sans insister sur l'action produite par d'autres colorants, demandons-nous s'il existe un passage des hyphes de l'enveloppe mycélienne à celles de la zone radiaire de l'écorce.

Quoique ce point ait particulièrement fixé mon attention, je n'ai pu rencontrer aucune disposition vraiment démonstrative. Comme cela se voit sur la figure 4, d'après une préparation doublement colorée par l'éosine et l'hématoxyline, entre les hyphes à ton rouge de la zone externe s'intercalent des éléments teintés de violet, comme ceux de l'enveloppe mycélienne; mais alors que les hyphes de la zone externe de l'écorce affectent surtout une direction radiaire, celles intercalées et qu'on peut considérer comme des prolongements de l'enveloppe sont vues la plupart suivant leur coupe transversale, d'où il faut conclure que tout au moins leur direction est distincte et indépendante de celle des hyphes corticales périphériques. Quant à des transitions basées sur l'existence de colorations intermédiaires, je n'ai rien rencontré d'assez net pour arriver à résoudre le problème.

D'après les caractères attribués, par Boudier et Patouillard, aux hyphes de leur croûte filamenteuse, il semblerait que celle-ci corresponde à la zone externe ou radiaire de notre couche corticale; mais, en réalité, les mycologues français n'ont pas distingué cette zone d'avec l'enveloppe membraneuse, de sorte que ce qu'ils appellent la croûte filamenteuse est représentée par l'enveloppe mycélienne plus les hyphes de la zone externe de l'écorce.

b) *Zone moyenne ou intermédiaire* (pl. IV, fig. 4, *z. m.*). — C'est la plus épaisse des trois; son épaisseur est double de celle de la zone externe. Les hyphes de la zone intermédiaire, analogues à celles de la zone périphérique avec lesquelles elles se trouvent en continuité, sont très nombreuses et s'entre-croisent en tous sens, formant ainsi une masse très dense, d'autant plus dense et plus compacte qu'on se rapproche davantage de la zone externe. Par suite de leurs directions variées, sur les coupes, les hyphes sont vues, les unes suivant leur longueur, les autres suivant leur coupe transversale.

La dissociation des éléments de la couche moyenne est quasi impossible, même après ébullition des grains dans l'eau; il semble que ces éléments sont soudés entre eux par une substance unissante, sorte de ciment.

Les hyphes de la zone intermédiaire se comportent, en présence des diverses teintures, comme celles de la zone périphérique. Assez souvent,

toutefois, sa moitié externe, qui est aussi, comme nous venons de le voir, la plus compacte, prend une coloration un peu différente de celle de sa moitié interne; c'est ainsi que, sur certaines préparations doublement colorées par l'éosine et l'hématoxyline, la moitié externe de la zone revêt un ton rouge orangé.

C'est à l'union intime de ses hyphes constituantes qu'est due la grande densité de la zone moyenne, comme aussi la dureté dont la couche corticale est le siège.

Après double coloration par l'éosine et l'hématoxyline, il n'est pas rare de trouver, au milieu des éléments teintés de rouge par l'éosine, d'autres éléments colorés en violet par l'hématoxyline; ces derniers, relativement peu nombreux, occupent surtout la moitié interne de la zone; beaucoup semblent correspondre à la coupe transversale d'hyphes et ne se distinguent des coupes transversales des autres hyphes que par leur coloration; mais d'autres éléments colorés en violet sont un peu plus volumineux et, en général, un peu plus vivement teintés. Quelle est la signification de ces hyphes ayant fixé l'hématoxyline? Sont-ce des éléments de l'enveloppe mycélienne qui ont pénétré jusqu'à ce niveau, pour se continuer d'autre part avec les éléments de la moelle, lesquels aussi, nous le verrons, fixent surtout l'hématoxyline; ou bien sont-ce des hyphes corticales modifiées dans leur composition chimique et formant, elles, le passage aux éléments médullaires? Comme les éléments colorés par l'hématoxyline se rencontrent surtout dans la moitié interne de la zone intermédiaire, la seconde hypothèse paraît la plus probable. On peut encore invoquer, en sa faveur, le fait suivant : à mesure qu'on se rapproche de la zone interne, le diamètre des hyphes corticales augmente quelque peu, de sorte que, dans le voisinage de cette zone, ce diamètre atteint en moyenne 4 μ. Or, beaucoup des éléments colorés par l'hématoxyline présentent le même diamètre ou un diamètre un peu plus fort.

c) *Zone interne* (pl. IV, fig. 4, *zi.*). — Dans cette zone, les hyphes qui mesurent en moyenne 4 μ de diamètre sont relativement clairsemées et se trouvent mêlées aux éléments de la moelle sur une étendue correspondant sensiblement à l'épaisseur de la zone externe; elles se dirigent en tous sens,

de sorte que, ici encore, elles sont vues, les unes suivant leur longueur, les autres suivant leur coupe transversale.

Si nous cherchons à établir un parallélisme entre les trois zones structurales de l'écorce et les zones différemment colorées visibles à la coupe, voici ce que nous constatons : Notre enveloppe mycélienne plus notre zone externe de l'écorce équivalant, comme on l'a vu, à la croûte filamenteuse de Boudier et Patouillard, la zone noire correspond à la zone moyenne de notre couche corticale, tandis que la zone rouge répond à la zone interne de cette couche.

C. — Contenu ou moelle.

Boudier et Patouillard, parlant de la partie centrale des grains, s'expriment comme suit : « C'est principalement cette partie qui est farcie de cellules scléreuses entremêlées d'hyphes hyalines et brièvement ramifiées, à parois épaisses entourant les cellules scléreuses qui en naissent. » (4, pp. 142-143.)

Les hyphes hyalines et brièvement ramifiées des mycologues français correspondent aux éléments désignés, par Prillieux, sous le nom de « rameaux coralloïdes » (21, p. 433), aux « lichtbrechenden unregelmässigen Körper » d'Ed. Fischer (11, p. 64). En conservant le qualificatif si heureusement choisi par Prillieux, nous dirons hyphes coralloïdes. Les cellules scléreuses de Boudier et Patouillard équivalent, en grande partie, aux « Endzellen » décrites par Ed. Fischer dans le sclérote de *Polyporus sacer*.

Outre ces deux parties constituantes essentielles de la moelle, on y trouve, en certains points, des hyphes grêles dépourvues de la substance réfringente caractéristique des autres éléments.

1. — Hyphes coralloïdes.

Ces hyphes, comparables à celles rencontrées dans la plupart des sclérotes, revêtent des formes très variées, souvent des plus bizarres et qui défient en quelque sorte toute description (pl. V, fig. 1, 2, 3, 4, 5, *hc.*, fig. 12, *a. b, c.*; pl. VI, fig. 20, 21, 25, *hc.*). Elles sont délimitées par une membrane renfermant une substance hyaline tantôt pleine, tantôt creusée d'une cavité géné-

ralement étroite, souvent même linéaire, à contenu protoplasmique. Aux endroits où ces hyphes se préparent à donner naissance à des cellules scléreuses, la cavité s'élargit et le contenu protoplasmique devient plus abondant (pl. V, fig. 1, *cs.*). C'est surtout la substance hyaline qui, par son accumulation en certains points, son moindre développement en d'autres points, communique, aux hyphes coralloïdes, leur forme irrégulière si caractéristique.

Une solution de potasse caustique n'exerce aucune action appréciable sur la substance réfringente de ces hyphes. Cette substance n'est non plus sensiblement modifiée par l'acide chlorhydrique. Le chlorure de zinc iodé n'y détermine ni coloration violette ni gonflement.

Par le réactif d'Errera, le contenu protoplastique prend un ton jaune d'or.

La solution de bleu de méthylène colore en bleu pâle la substance hyaline et en bleu foncé le contenu.

Le contenu protoplasmique se colore plus ou moins intensément par le vert de méthyle acide; en rouge vif par l'éosine, la substance réfringente prenant un ton rosé, la membrane limitante un ton rouge foncé.

Dans les coupes de grains fixés par l'alcool, les hyphes coralloïdes se comportent, en présence de diverses teintures, de la manière suivante :

Par la liqueur Biondi-Heidenhain, la membrane limitante et le contenu protoplasmique se colorent en rouge sang; là où les hyphes se dilatent et se préparent à donner naissance à une cellule scléreuse, le contenu prend souvent une coloration bleue (pl. VI, fig. 21, *cn.*) La substance hyaline est jaunâtre, mais cette coloration fait place à une coloration rose d'autant plus nette que la transformation de l'hyphe en cellule scléreuse est plus prononcée. Il en résulte que la coloration jaunâtre de la substance hyaline des hyphes coralloïdes tranche sur celle des cellules scléreuses qui fixe davantage la fuchsine; or, comme, en certains endroits de la moelle, les hyphes coralloïdes accumulées en plus grand nombre forment des espèces d'îlots au milieu des cellules scléreuses, ceux-ci se reconnaissent facilement, grâce à leur coloration spéciale (pl. VI, fig. 20, 21).

La double coloration par l'hématoxyline et l'éosine communique un ton violet foncé à la membrane limitante, un ton violet pâle à la substance hyaline, un ton violet ou rose violetté au contenu.

Sans insister sur la coloration des diverses parties constituantes des hyphes coralloïdes par le carmin boracique et le rouge Congo, rappelons encore que, par la safranine et le vert de méthyle, la membrane limitante se colore en vert ou en vert bleuâtre plus ou moins foncé, la substance hyaline en vert pâle ou en bleu pâle, le contenu protoplasmique en bleu ou en vert avec parfois de petites granulations rouges.

2. — Cellules scléreuses.

a) *Origine.* — Comme le constatent Boudier et Patouillard, les cellules scléreuses naissent des hyphes coralloïdes; elles « sont formées souvent par l'extrémité de ces filaments qui se renflent, mais paraissent aussi quelquefois naître par dilatation de quelques-uns de leurs articles, comme semblent le prouver celles que l'on rencontre irrégulièrement appendiculées. » (4, p. 143.)

Le second mode de genèse paraît être plus fréquent que le premier. Il ne se traduit pas seulement par l'aspect de la plupart des cellules scléreuses en voie de développement (pl. V, fig. 12, *cs.*), mais encore par la présence de prolongements hyalins plus ou moins nombreux qui souvent partent des cellules adultes (pl. IV, fig. 8^b; pl. V, fig. 10, et surtout pl. VI, fig. 25; voir aussi la fig. K^2 de la pl. V de la notice de Boudier et Patouillard, représentant une cellule scléreuse vue à un faible grossissement). Il semble aussi ressortir de l'examen de certaines images que parmi les prolongements d'une cellule, il en est qui sont le résultat de soudures. La cellule scléreuse naissante représentée planche V, figure 4, nous en fournit un exemple. Indépendamment des prolongements *c* et *f*, et probablement d'un prolongement disparu en *cs*, auquel point vient aboutir une traînée protoplasmique en continuité avec la masse protoplasmique de l'ébauche cellulaire, on distingue une hyphe coralloïde *d*, soudée à cette ébauche; l'union est d'autant plus intime que le protoplasme de l'hyphe se trouve en communication avec celui que la cellule renferme.

b) *Forme.* — D'après Boudier et Patouillard, les cellules scléreuses sont

généralement plus ou moins arrondies, plus rarement piriformes (4, p. 143). La forme plus ou moins sphérique est incontestablement la plus fréquente, comme on peut s'en assurer en consultant nos planches V, VI et VII ; sans être rare, la cellule piriforme se rencontre moins souvent (pl. V, fig. 9 ; pl. VI, fig. 6, 17, 21, *c. s'* ; pl. VII, fig. 20). Certains éléments de forme plus ou moins ovoïde établissent une sorte de transition entre ceux de forme sphérique et les piriformes (pl. IV, fig. 10 ; pl. V, fig. 6, 14 ; pl. VI, fig. 8 ; pl. VII, fig. 18, 23). A côté de ces formes, il en est d'autres encore : telle la forme de biscuit ou de bissac (pl. V, fig. 7 ; pl. VII, fig. 12). Il importe d'ajouter que, dans ce cas, il peut s'agir non d'une cellule unique étranglée à un certain niveau, mais, au contraire, de la fusion de deux cellules scléreuses nées au contact l'une de l'autre. Peut-être, à mesure du développement, la fusion devient-elle plus intime et l'étranglement finit-il par disparaître. L'élément dont une coupe est reproduite planche VII, figure 8, semble bien le résultat de la fusion de deux cellules, comme l'indique une démarcation dans le contenu cellulaire et deux surfaces de soudure (*s*, *s'*) des parois. Peut-être aussi certaines formes en bissac correspondent-elles à des cellules en voie de division. La cellule, dont une coupe est reproduite planche VII, figure 12, pourrait être interprétée de cette façon, eu égard notamment à la nature du contenu de l'une des deux moitiés, la plus volumineuse, séparées par l'étranglement ; l'inégalité de volume et d'aspect des deux moitiés ne prouve rien contre cette manière de voir ; cette inégalité peut s'expliquer, en effet, en admettant que la moitié la plus volumineuse a été entamée par le rasoir dans sa partie centrale, tandis que la plus petite l'a été à une certaine distance de son centre. Enfin, on rencontre aussi des formes plus irrégulières et qui sont dues sans doute à des pressions subies par les cellules (pl. VII, fig. 1 et 4).

c) *Dimensions.* — Les dimensions des cellules scléreuses varient nécessairement dans d'assez larges limites, d'après l'âge et la forme des cellules ; le diamètre des cellules sphériques oscille entre 33 et 36 μ en moyenne.

d) *Parties constituantes de la cellule.* — Il faut y distinguer, comme parties constituantes, les parois et le contenu.

a) ***Parois.*** « Leurs parois, disent Boudier et Patouillard, sont extrêmement épaisses, incolores, souvent ondulées, de 8 à 10 μ d'épaisseur, et semblent formées de deux couches distinctes, dont l'extérieure, très mince, peut être exfoliée au moyen de l'acide lactique bouillant (4, p. 143). » Nous n'avons pas vu l'épaisseur des parois dépasser 6 μ, et souvent elle n'atteint pas la moitié de ce chiffre. Cette épaisseur n'est pas en rapport avec le diamètre total de la cellule; fréquemment, des cellules volumineuses sont pourvues de parois relativement étroites (pl. VI, fig. 9; pl. VII, fig. 3), tandis que des cellules peu volumineuses ont des parois plutôt épaisses (pl. VI, fig. 3, 22, 25; pl. VII, fig. 21). Les parois d'une même cellule peuvent varier d'épaisseur en divers points de leur étendue. Ce résultat est dû à l'une des deux causes suivantes : à l'irrégularité du contour externe des parois (pl. V, fig. 7 ; pl. VI, fig. 16; pl. VII, fig. 12), ou bien, et c'est la règle, à l'irrégularité de la cavité qui loge le contenu de la cellule (pl. VI, fig. 1, 6, 18, 19). Nous verrons plus loin que, dans certains cas, cette irrégularité de la cavité est elle-même la conséquence d'une élaboration inégale, par le protoplasma, de la substance scléreuse des parois. Les parois sont nécessairement incomplètes quand le contenu se fait jour jusqu'à la surface de la cellule (pl. V, 6, *m.*, fig. 14, *m.*; pl. VI, fig. 3, *m.*; pl. VII, fig. 20) ou qu'il fait hernie à travers ces parois (pl. V, fig. 10, 16 *m.*).

Les deux couches auxquelles les auteurs français font allusion se distinguent facilement. L'externe, que nous désignerons sous le nom de ***membrane limitante***, est très mince, comparativement à la couche interne qu'elle enveloppe. Lorsqu'elle est en place, elle trahit sa présence par un double contour très net (voir nos fig.). Dans les préparations par dissociation, on la trouve fréquemment rupturée, et ses débris, ou bien restent appliqués sur la cellule (pl. V, fig. 15, *ml.*, fig. 17, *ml.*), ou bien s'en séparent, laissant la couche interne à nu (pl. IV, fig. 8, *a.*; pl. V, fig. 14, *a.*)[1]. Il arrive aussi de rencontrer, dans les préparations ainsi faites, des solutions de continuité de la membrane limitante en un ou plusieurs points de la surface de la cellule (pl. IV, fig. 7, *a.*, fig. 8, *a'*, *a'*, fig. 9, *a.*, *a.*; pl. V, fig. 5, *a.*). Certaines de ces surfaces dénudées correspondent à l'insertion disparue de prolongements

[1] Sur toutes les figures, le trait délimitant la couche interne est beaucoup trop prononcé.

réfringents. Aux endroits où ces prolongements sont en place, leur membrane se continue avec celle de la cellule, tandis que leur substance hyaline se confond avec la couche interne des parois cellulaires.

La membrane limitante est transparente, incolore, sans structure. Elle résiste à l'action de la potasse. Lorsqu'on fait agir, sur les cellules scléreuses, l'acide chlorhydrique, en général la membrane se soulève, cependant que, dans la substance réfringente, apparaît un strié concentrique. Après traitement par le chlorure de zinc iodé, la membrane, sans présenter de coloration violette, subit parfois une forte distension (pl. V. fig. 19). Dans les préparations traitées par la solution de ferrocyanure de potassium acidulée par l'acide acétique, puis, après lavage à l'eau, par une solution de chlorure ferrique, la membrane limitante prend un ton bleu foncé.

Après coloration des cellules scléreuses par une solution aqueuse d'éosine, la membrane limitante rougit; mais, après double coloration par l'éosine et l'hématoxyline, elle montre plus d'affinité pour cette dernière teinture et se colore en violet (voir les fig. de la pl. VII).

Par le mélange Biondi-Heidenhain, la membrane limitante revêt en général un ton rouge ou rouge-brun (pl. VI, fig. 4, 5, 7, 8, 9, 11, 12, 16, 17, 20, 21), mais, souvent aussi, on la trouve colorée en vert, en vert bleuâtre ou en bleu (pl. VI, fig. 1, 2, 6, 10, 13, 14, 15, 18, 19); on peut conclure de ces différences de coloration à des différences dans la composition chimique d'après l'âge de la membrane. Le rouge Congo communique à la membrane limitante une coloration rouge foncé; le carmin la teint en rouge carmin, tandis que, par la safranine et le vert lumière, elle prend un ton vert plus ou moins foncé, quelquefois presque noir.

La couche interne, que nous appellerons *couche scléreuse* ou *couche hyaline,* donne aux parois de la cellule leur épaisseur plus ou moins grande. Comme la substance hyaline des hyphes coralloïdes, elle se caractérise par sa grande réfringence; de même que cette substance, elle n'est pas dissoute par la potasse caustique, mais ce réactif, surtout si son action a été prolongée pendant une couple d'heures, y détermine parfois l'apparition d'un strié concentrique. L'acide chlorhydrique provoque aussi un semblable strié, moins net toutefois que celui produit par la solution alcaline; puis, si l'on chauffe légèrement la préparation, la couche réfringente se gonfle, pâlit de

plus en plus et finit par devenir invisible. Il importe d'ajouter que cette action ne se fait pas sentir sur toutes les cellules ; beaucoup ne paraissent pas modifiées.

Au contact du chlorure de zinc iodé, la couche scléreuse ne présente ni coloration violette, ni gonflement ; par contre, ce réactif, tout comme la potasse et l'acide chlorhydrique, fait apparaître chez certaines cellules un strié concentrique, souvent très net (pl. V, fig. 19). Le strié concentrique de la couche hyaline des parois, suite de l'action de divers réactifs, ne doit pas être confondu avec une disposition concentrique plus ou moins apparente qui siège dans la membrane limitante et résulte de replis de cette membrane (pl. V, fig. 18).

Traitée par l'iode ioduré, la couche scléreuse reste incolore ; elle conserve sa réfringence après traitement par l'acide osmique. Elle prend un ton rose par l'éosine, mais, après double coloration par l'éosine et l'hématoxyline, elle montre plus d'affinité pour cette dernière teinture et se colore en violet pâle, parfois légèrement rosé (voir fig. de la pl. VII). Le mélange Biondi-Heidenhain lui communique généralement un ton rosé (pl. VI, fig. 2, 5, 7, 8, 11, 12, 13, 16, 17, 18, 20, 21), pâle bleuâtre (pl. VI, fig. 1, 9) ou violet pâle (pl. VI, fig. 4). Ce même mélange fait admirablement ressortir, dans la couche hyaline de certaines cellules, la structure concentrique, en y faisant apparaître des zones différemment colorées.

Le nombre et l'épaisseur des zones ainsi produites varient : tantôt une zone externe, sous-jacente à la membrane limitante, d'un ton violet, entoure une zone interne plus pâle et plus large (pl. VI, fig. 10) ; tantôt la zone externe, bleuâtre ou faiblement violacée, plus large, entoure une zone interne plus étroite et colorée en rose par la fuchsine (pl. VI, fig. 14, 15) ; assez souvent la transition entre les deux zones se fait de façon insensible (fig. 15) ; ailleurs, au lieu de deux zones, on en compte trois, une zone teintée de rose se trouvant en contact, sur chacune de ses faces, avec une zone violacée (pl. VI, fig. 19).

Dans les préparations colorées par la safranine et le vert lumière, la couche hyaline, en général devenue bleu pâle ou vert pâle, parfois rougeâtre, présente souvent aussi une disposition zonaire très apparente, comme la

cellule reproduite planche VI, figure 22, en fournit un exemple : une zone assez fortement colorée par la safranine se trouve comprise entre deux zones plus faiblement teintées.

Quand il existe deux zones de couleurs différentes, on peut interpréter la structure concentrique ainsi décelée, en admettant que la composition chimique des deux zones n'est pas la même, la zone interne étant de formation plus récente que l'externe; mais quand, au lieu de deux zones, on en compte trois, dont la moyenne est autrement teintée que ses voisines, il faut en conclure que les zones successivement produites ne présentent pas toujours les mêmes caractères, c'est-à-dire la même composition chimique, au moment de leur apparition, ou bien que leur transformation ultérieure n'est pas la même. Ainsi s'explique que la zone moyenne visible sur les figures 19 et 22 se comporte autrement, en présence des colorants, que les zones interne et externe qui la bordent.

β) *Cavité et contenu.* La forme de la *cavité* varie surtout avec la forme de la cellule même : c'est ainsi qu'elle est plus ou moins régulièrement sphérique quand la cellule revêt cette forme (pl. IV, fig. 9; pl. V, fig. 8, 11, 13, 19; pl. VI, fig. 7, 15, 22, 24; pl. VII, fig. 17, 19, 21), ovoïde dans les cellules de ce type (pl. V, fig. 6; pl. VI, fig. 9; pl. VII, fig. 7, 18, 22, 23), piriforme dans les cellules piriformes (pl. V, fig. 9; pl. VI, fig. 6, 17), allongée ou plus ou moins étranglée à un certain niveau dans les cellules en forme de bissac ou de biscuit (pl. V, fig. 7; pl. VII, fig. 12). Quand la cavité communique largement avec l'extérieur, sa forme s'éloigne nécessairement de celle des parois de la cellule. Fréquemment, dans les cellules sphériques, ovoïdes ou piriformes, la cavité émet des prolongements étroits plus ou moins nombreux qui tantôt n'atteignent pas la surface cellulaire (pl. VI, fig. 1, 4, 6, 18), et tantôt viennent déboucher à cette surface ou sous la membrane limitante (pl. IV, fig. 10; pl. V, fig. 5; pl. VI, fig. 3). A leur tour, ces prolongements influent sur la forme de la cavité qui, lorsque les prolongements sont assez nombreux, se rapproche de la forme étoilée (pl. V, fig. 4; pl. VI, fig. 3, 18). Tout en admettant que ces formes irrégulières de la cavité peuvent être le résultat d'une élaboration inégale, par

le protoplasme, de la couche hyaline des parois, nous croyons que, dans la plupart des cas, elles doivent leur origine au mode de genèse de la cellule scléreuse, les prolongements de la cavité avec le protoplasme y renfermé représentant les derniers vestiges de la communication avec les prolongements hyalins qui entouraient la cellule naissante; dans bien des cas, sans doute, les prolongements protoplasmiques conservent cette signification, alors même qu'ils n'arrivent plus à la surface de la cellule.

Voici ce que nous trouvons au sujet du *contenu* des cellules scléreuses, dans la notice de Boudier et Patouillard : « L'intérieur de ces cellules est rempli d'un protoplasma granuleux, quelquefois avec gouttelettes oléagineuses, blanc d'abord, puis ochracé, se condensant par la suite en plusieurs petites masses anguleuses, puis plus ou moins elliptiques et simulant alors des spores; mais après des recherches nombreuses, répétées journellement et sur un nombre considérable d'échantillons, nous n'avons pu voir rien de précis en ce sens, les contours restent toujours vagues, et nous avons été obligé de les regarder comme de simples agglomérats protoplasmiques. Ce protoplasma se colore à l'iode comme le glycogène et communique par un fin canal avec les filaments qui lui donnent naissance, comme on peut le voir dans certaines préparations, surtout si on se sert du réactif précité » (4, p. 143).

Nous nous sommes aussi livré à de nombreuses et minutieuses recherches dans le but de débrouiller la signification du contenu des cellules scléreuses. Sans avoir la prétention d'être arrivé à résoudre le problème, nous croyons toutefois que les résultats que nous avons obtenus pourront du moins contribuer à faciliter sa solution.

Quoi qu'il en soit, de l'ensemble de nos recherches, nous pouvons conclure à l'existence dans le contenu : *a)* de protoplasme (cytoplasme et caryoplasme), et *b)* d'enclaves élaborées par lui.

Dans les préparations par dissociation traitées par le vert de méthyle acide, au milieu du protoplasme granuleux, on distingue, dans beaucoup de cellules, des éléments à forme cristalline, prismatiques, pentagonaux, etc., qui ont fixé le colorant, et qui varient pour le nombre et les dimensions

(pl. IV, fig. 7, 8, 9, 10; pl. V, fig. 14, 15 [1]). Par le ferrocyanure potassique et la solution de chlorure ferrique, j'ai vu les plus volumineux de ces éléments se colorer en bleu foncé, fait qui parle en faveur de leur nature cristalloïde.

Ces éléments se retrouvent aussi dans un certain nombre de cellules, après coloration par le mélange Biondi-Heidenhain ; seulement, au lieu de fixer la fuchsine comme le font les cristalloïdes des hyphes à cristalloïdes des filaments mycéliens, ils montrent plus d'affinité pour le vert de méthyle et prennent un ton bleu ou bleu verdâtre (pl. VI, fig. 4, 11, 18). Cette manière de se comporter vis-à-vis des colorants ne peut pas être invoquée contre leur nature cristalloïde. Rappelons, à ce propos, que la coloration rouge si prononcée des cristalloïdes des hyphes à cristalloïdes, après traitement par le liquide de Biondi, se perd peu à peu dans les préparations à la glycérine, et fait place à un ton vert qui persiste. D'autre part, les cristalloïdes des hyphes, en présence d'une solution acide de vert de méthyle, fixent la teinture, tout comme le font les cristalloïdes des cellules scléreuses. La différence que l'on constate dans l'action des colorants d'après que cette action s'exerce sur les cristalloïdes des hyphes ou sur ceux du contenu des cellules scléreuses, indiquerait donc simplement que la composition chimique de ces éléments n'est pas absolument identique. « Par cristalloïdes, dit le professeur Van Tieghem, on n'entend pas désigner d'ailleurs une matière chimiquement déterminée et toujours la même, mais seulement une façon de cristalliser que bien des matières albuminoïdes différentes sont capables d'affecter (26, p. 26). » Nous pouvons également rappeler ici une observation faite par le professeur Prenant sur des cristalloïdes de Reinke recueillis dans le testicule d'un supplicié : Il existait entre les formes allongées signalées par cet auteur, des cristalloïdes de figure rhombique. « Ces formations étaient pour la plupart colorées d'une façon intense par la safranine, après fixation par le liquide de Flemming et coloration par le procédé de triple teinture de ce même auteur. Quelques cristalloïdes cependant, au lieu de prendre une teinte rouge vif, étaient à peine teintés en rose ;

[1] Sur les figures 14 et 15 de la planche V, la coloration verte n'a pas été rendue.

quelques-uns étaient rouges à une de leurs extrémités seulement, presque incolores dans le reste de leur étendue. On ne peut cependant expliquer ce résultat, ajoute l'auteur, pour une inégalité de coloration due au procédé employé; car on sait que ce procédé surcolore longuement les tissus, épuise ensuite la couleur, de telle sorte qu'on est à peu près certain que tout ce qui est colorable en rouge, par exemple, l'est effectivement (19, p. 95). » Ailleurs, à propos de cristalloïdes intranucléaires de cellules nerveuses, Prenant constate derechef que la coloration de ces corps est sujette aux plus grandes variations. Elles sont dues « non pas à des inégalités dans la coloration de la préparation, mais à des qualités de réceptivité variables des cristalloïdes pour les matières colorantes (20, p. 369) ».

Comme on l'a vu, d'après Boudier et Patouillard, le protoplasma se colore à l'iode comme le glycogène. Nous avons constaté que, dans les préparations traitées par le réactif Errera, le contenu des cellules se comporte différemment : celui de certaines cellules, notamment des plus jeunes, se colore en jaune; ailleurs, il prend un ton brun jaunâtre; enfin, dans la masse protoplasmique ainsi colorée, apparaissent souvent, en nombre variable, des éléments généralement sphériques d'un brun acajou foncé (pl. IV, fig. 6); la préparation ayant été chauffée à 60° C. dans les conditions indiquées par L. Errera, nous avons vu persister la coloration après refroidissement; il s'agirait donc, dans ce cas, mais dans ce cas seulement, de la présence de glycogène.

Boudier et Patouillard signalent aussi la présence, dans le protoplasma, de gouttelettes oléagineuses. En effet, sous l'influence de l'acide osmique à 1 %, le protoplasme, devenu jaunâtre, renferme, dans un certain nombre de cellules, des éléments le plus souvent de forme sphérique plus ou moins nombreux et de dimensions très variables, colorés en noir par le réactif; quelquefois un ou deux éléments volumineux occupent presque toute la cavité cellulaire (pl. VI, fig. 23, 24, 25). Je ne doute pas de la nature graisseuse de ces éléments; par l'action de la teinture d'orcanète additionnée d'eau, des éléments comparables par leur forme et leurs dimensions à ceux décelés par l'acide osmique se colorent en rouge brunâtre.

Les coupes d'objets fixés par l'alcool et soumises ensuite, sur plaques, à

la double coloration par l'hématoxyline et l'éosine, ont donné des images très intéressantes (voir pl. VII). Dans un grand nombre de cellules, le protoplasme rétracté et plus ou moins séparé des parois de la cavité cellulaire forme une espèce de cupule ou de calotte qui, sur les coupes, se présente naturellement sous divers aspects, suivant le niveau et la direction où le rasoir l'a entamée (pl. VII, fig. 5, 6, 7, 9, 10, 11, 13 à 18). Il a pris un ton violet pâle et renferme, en quantité variable, des granulations d'un violet plus foncé. Dans la cavité de la cupule, on trouve, variant aussi pour le nombre, des sphérules dont le diamètre varie également; sous ce rapport, les plus petites se rapprochent des granulations intraprotoplasmiques, tandis que les plus volumineuses mesurent jusqu'à 5 à 6 μ. Assez souvent, les sphérules sont réunies en forme de chapelet par des ponts intermédiaires émanés du protoplasma (pl. VII, fig. 16, 18). Elles présentent une structure concentrique qui n'est nettement visible que sur les éléments ayant atteint certaines dimensions. Ceux de moyenne grandeur se montrent constitués de deux zones, une interne, d'un ton rosé, et une externe, colorée en violet; on parvient quelquefois à découvrir, dans la zone interne, un point central également violet foncé (pl. VII, fig. 1, 13, 14, 15, 16). La même disposition s'observe pour quelques sphérules volumineuses (fig. 2, 23); mais le plus souvent, à mesure que le volume de la sphérule augmente, la disposition zonaire se complique : Dans la sphérule *s* de la figure 15, on distingue deux zones colorées en violet séparées par une zone teintée en rose par l'éosine, la plus interne des trois zones entourant un point central plus clair; dans d'autres sphérules, ce point central plus clair renferme lui-même un corpuscule punctiforme violet.

On retrouve les mêmes parties constituantes du contenu d'un certain nombre de cellules scléreuses, dans les préparations doublement colorées par la safranine et le vert lumière. Le protoplasme fixe cette dernière teinture et revêt un ton vert ou vert bleuâtre, tandis que les granulations qu'il renferme ainsi que les sphérules sont colorées en rouge par la safranine. Sur les sphérules d'un certain volume, on distingue la structure concentrique, des zones plus fortement teintées alternant avec des zones plus pâles; les premières correspondent aux zones violet foncé des préparations traitées par l'hématoxyline et l'éosine.

Après coloration par le liquide Biondi-Heidenhain, le protoplasme devenu rougeâtre ou rosé renferme des granulations et des enclaves, dont les unes sont fortement colorées par la fuchsine, tandis que les autres sont bleues, plus rarement vertes ou verdâtres (pl. VI, fig. 4 à 8, 11, 12, 13, 16 à 18). Parmi les éléments teintés de bleu, indépendamment de ceux à forme cristalline dont il a été question plus haut, il en est de forme généralement sphérique, les plus volumineuses de ces sphérules étant délimitées par une bordure rouge (pl. VI, fig. 5, 7, 8, 13, 16). Autour de la grande sphérule *s*, figure 9, la bordure rouge est peu distincte, mais, au centre de la sphérule, se voit un petit cercle bleu foncé entourant une partie plus claire. Je crois pouvoir considérer ces sphérules comme correspondant à celles décelées après double coloration, soit par l'hématoxyline et l'éosine, soit par la safranine et le vert lumière.

Par leur aspect et leur structure, les sphérules du contenu de certaines cellules scléreuses rappellent une réserve très répandue chez les Protozoaires et, en particulier, chez les Grégarines, réserves sur lesquelles, dans un travail récent, le professeur Cuénot vient encore d'attirer l'attention (3, p. 596, pl. XX, fig. 43, *a*.). Or, cette réserve, voisine à la fois de l'amidon et du glycogène, et qui n'est autre que le paraglycogène de Bütschli, le zooamylum de Maupas, se colore en brun violet par l'iode ioduré. N'est-il pas permis d'en conclure que, dans nos préparations traitées par ce réactif, les éléments généralement sphériques fortement colorés, sans l'être toutefois en brun violet, correspondent aux sphérules rendues visibles après double coloration par l'hématoxyline et l'éosine, ou par la safranine et le vert lumière? Quant à l'origine des sphérules, ce sont bien des produits élaborés par le protoplasme. On peut considérer comme représentant leur première ébauche les granulations que ce dernier renferme; ces granulations conduisent, en effet, par une gradation insensible, aux sphérules logées dans le creux de la cupule.

Mais nous avons vu que si le réactif à l'iode décèle la présence du glycogène dans le contenu de certaines cellules scléreuses, la solution d'acide osmique vient démontrer l'existence, dans d'autres cellules, d'éléments graisseux. Ces éléments se retrouvent-ils dans les préparations colorées par les

diverses teintures dont nous venons de parler? A côté de sphérules bien caractérisées, on trouve souvent, dans ces préparations, des éléments également sphériques, quelquefois de forme moins régulière, plus fortement teintés que les sphérules, en violet, après double coloration par l'hématoxyline et l'éosine (pl. VII, fig. 5, 7, 11), en bleu après coloration par le liquide de Biondi (pl. VI, fig. 5, 12), en rouge après double coloration par la safranine et le vert lumière; on ne découvre pas, dans ces éléments, de structure concentrique. Ne correspondent-ils pas, ou certains d'entre eux ne correspondent-ils pas aux éléments graisseux rendus apparents par l'acide osmique? Rien d'étonnant si nous ne trouvons pas, entre les sphérules et d'autres enclaves, de démarcation nettement tranchée; nous savons, en effet, par les belles recherches de L. Errera, que des réserves glycogéniques peuvent se transformer en réserves graisseuses (9, pp. 59 et suiv.). Rappelons que l'auteur a pu constater, pendant la germination des sclérotes oléagineux, une formation temporaire de glycogène qu'il désigne sous le nom de *glycogène transitoire*. Il retrouve le glycogène transitoire dans la germination des spores de divers champignons; beaucoup de ces spores renferment, à la maturité, de l'huile qui s'est formée aux dépens du glycogène (10, pp. 292-293). On peut rapprocher de ces faits une observation de A. Giard concernant *Isaria densa*. Le savant professeur signale la présence, dans les éléments cellulaires du sclérote de cette espèce, d'amas fortement réfringents présentant les réactions du glycogène, et qu'il considère comme constituant les réserves nutritives du champignon. Plus tard, quand les hyphes fructifères commencent à se développer, il voit la substance glycogénique subir une transformation, donner naissance à des globules graisseux plus ou moins abondants (12, p. 20 du tiré à part).

Il résulte de ce qui précède qu'en fait de réserves, produits de l'activité du protoplasme des cellules scléreuses, on peut distinguer : 1° des réserves hydrocarbonées, parmi lesquelles : *a*) les réserves des parois de la cellule; *b*) des éléments glycogéniques (ou paraglycogéniques?); des gouttelettes adipeuses; et 2° des réserves albuminoïdes sous forme de cristalloïdes protéiques. Or, comme ces formations cristalloïdes se présentent souvent parmi d'autres enclaves sphériques ou de forme irrégulière, ne peut-on pas en

inférer, à l'exemple de Prenant, qu'ici elles sont un produit de transformation et une forme plus parfaite de ces enclaves?

A côté des cellules dont le contenu est surtout caractérisé par la présence d'éléments de réserve, il en est d'autres où il se présente sous un aspect tout différent et que nous avons rencontré sur les coupes doublement colorées par l'éosine et l'hématoxyline. Les réserves ont fait place à un ou deux corps de forme sphérique, mais plus souvent ovoïde, qui occupent la majeure partie de la cavité cellulaire (pl. VII, fig. 4, 12, 19, 20, 21, 22). Ces corps consistent en un protoplasme en général finement granuleux, renfermant un ou plusieurs éléments nucléiformes centraux ou plus ou moins excentriques, de forme sphérique et fortement colorés; généralement, la partie centrale, à ton rosé, est entourée d'un cercle plus foncé, violet (fig. 21, 22). Sur les coupes représentées figures 4, 12, 19 et 20, on constate la présence d'un de ces corps, quoique la situation de celui de la figure 4 permette de supposer que l'amas *x* correspond à un second corps ovalaire, entamé tangentiellement; sur la coupe reproduite figure 21, deux corps ovalaires de mêmes dimensions sont juxtaposés suivant leur plus grand axe, lequel est parallèle au plus grand axe de la cellule.

Quelle est la signification de ce contenu cellulaire? Sans doute, ce ne sont pas là de simples agglomérats protoplasmiques, et l'on est tenté de comparer ces formations aux corps ovoïdes des hyphes ovoïdes de ***Mylitta australis***, décrits et figurés par Ch. Bommer. Or, d'après l'auteur, « le mode de formation et les détails de structure ont les plus grands rapports avec l'appareil reproducteur des Ascomycètes et conduisent à considérer les hyphes ovoïdes comme des asques » (3. pp. 73-74, pl. VI, fig. 2-9).

Ces formations correspondent-elles en réalité aux corps ovoïdes de ***Mylitta***, ou bien faut-il leur donner une autre interprétation et les considérer comme des cellules dont le contenu va se diviser ou l'est déjà. Il est un fait qui, jusqu'à un certain point, vient à l'appui de cette dernière interprétation. Le contenu dont il s'agit ne s'observe pas dans les cellules les plus volumineuses et qu'on peut considérer comme étant aussi les plus âgées, mais, au contraire, dans celles relativement petites et qui correspondent sans doute à des éléments plus jeunes, dont le protoplasme n'a pas encore élaboré les enclaves

caractéristiques du contenu des cellules plus avancées en développement.

Entre les hyphes coralloïdes et les cellules scléreuses dont l'ensemble représente la moelle du grain, on trouve, par places, notamment dans les préparations dissociées, des hyphes grêles rappelant assez bien, par leur minceur et leurs parois épaisses, les hyphes de l'écorce (pl. IV, fig. 8, *g.*; pl. V, fig. 2, *g. g. hg.*, fig. 19, *h. g.*). Elles sont parfois plus ou moins tortillées, pelotonnées, donnant ainsi naissance à des espèces de glomérules (pl. V, fig. 2, *g. g.*).

Ici se pose la question de savoir s'il existe une continuité entre les hyphes de l'écorce d'un côté, et les hyphes coralloïdes et les cellules scléreuses de l'autre. On sait qu'Éd. Fischer, se basant sur la colorabilité par le bleu de méthylène de la substance réfringente des hyphes coralloïdes, ses « lichtbrechenden Körper », a eu recours à ce colorant dans le but de démontrer la continuité des hyphes grêles avec les corps réfringents. Il a pu constater ainsi la transition insensible et progressive entre les deux sortes d'éléments (11, p. 69, pl. VI, fig. 5-8).

Dans les préparations d'objets dissociés dans l'eau sans addition de colorants, les hyphes de l'écorce des grains du mycélium de *L. meleagris* ont un ton jaune d'or pâle, tandis que la substance réfringente des hyphes coralloïdes et des cellules scléreuses est incolore. Dans l'hypothèse d'une continuité entre les éléments de l'écorce et ceux de la moelle, on pourrait donc s'attendre, sans devoir recourir au bleu de méthylène, à voir apparaître, en certains points des parois des hyphes jaunes de l'écorce, des dépôts d'une substance hyaline, incolore, premier indice de la continuité avec les parties constituantes de la moelle. Malgré l'examen minutieux de nombreuses préparations, nous n'avons pas réussi à trouver de semblables dépôts ni, par conséquent, d'indice de passage des hyphes corticales aux éléments médullaires. Faut-il en conclure à une non-continuité entre les hyphes de l'écorce et les éléments de la moelle? Nous ne le croyons pas. Sans doute, cette continuité n'est pas tellement évidente qu'elle saute aux yeux, mais certaines particularités font soupçonner son existence.

Nous avons déjà attiré l'attention, à propos de la structure de l'écorce, sur les caractères de certaines hyphes corticales, caractères qui peuvent être

interprétés dans le sens d'un passage de ces hyphes aux éléments médullaires. Il est aussi des endroits de la moelle où des hyphes grêles qui ne se distinguent guère de celles de l'écorce que par l'absence de coloration, se continuent manifestement avec des hyphes réfringentes (pl. IV, fig. 8, *hg.*; pl. V, fig. 2, *c. c.*); ailleurs des hyphes jaunes, rappelant celles de la couche corticale, paraissent se trouver en continuité avec des hyphes coralloïdes (pl. V, fig. 2, *hg.*).

Comparaison des parties constituantes des grains du mycélium de L. meleagris *avec celles de sclérotes accumulateurs.*

Si, en ne tenant compte que de la structure, on compare les grains du mycélium de *L. meleagris* aux sclérotes accumulateurs, on constate, entre les deux formations, de notables analogies. Comme presque tous les sclérotes accumulateurs, les grains susdits comprennent une écorce et une moelle. Les éléments de ces deux parties constituantes rappellent, sous maints rapports, les éléments rencontrés dans d'autres sclérotes, parmi lesquels ceux de *Lentinus Woermanni,* de *Lentinus scleroticola,* de *Polyporus umbellatus,* du *Pachyma cocos,* des *Polyporus tuberaster, sacer* et *rhinoceros;* comme on l'a vu, certains grains du mycélium de *L. meleagris* renferment aussi des éléments qui correspondent peut-être à des formations décrites et figurées, par Ch. Bommer, chez *Mylitta australis.*

Des hyphes très semblables aux hyphes grêles de la couche corticale des grains se retrouvent dans l'écorce du sclérote de *Lentinus Woermanni,* composée de filaments bruns, à lumière très étroite, et fortement enchevêtrés (3, p. 30); dans l'écorce du *Pachyma cocos,* formée d'un feutrage d'hyphes filamenteuses, de 3 à 4 μ de diamètre, à parois épaisses, sclérotisées (3, p. 40); dans l'écorce et sous l'écorce du sclérose du *Polyporus sacer* et de celui du *P. rhinoceros,* où certaines hyphes minces, à parois épaisses, mesurent de 2 à 3 μ de diamètre (11, p. 81; 3, pp. 50, 55).

Les hyphes réfringentes ou coralloïdes qui contribuent à former la moelle des grains se rencontrent aussi dans la moelle des espèces citées plus haut. Tels sont les corps signalés dans le sclérote de *Lentinus Woermanni,*

d'abord par Cohn et Schroeter (6), puis par Ch. Bommer, qui les décrit comme suit : « Corps très réfringents, de forme très variée, soit globuleux, elliptiques ou allongés, parfois ramifiés et arrondis aux extrémités, larges de 10-15 μ ou même davantage. Les hyphes globuleuses paraissent souvent pleines, tandis que les plus longues sont creusées d'un canal; les premières sont dissoutes par la potasse, ce qui n'a pas lieu pour les secondes, qui sont plus minces » (3, p. 30, pl. I, fig. 12-24). Ce sont surtout les secondes qui rappellent les hyphes coralloïdes de la moelle des grains ; quant aux hyphes globuleuses, celles de ces hyphes creusées d'une cavité, abstraction faite de leur solubilité par la potasse, sont plutôt comparables aux premières ébauches de nos cellules scléreuses.

Certaines hyphes coralloïdes des grains de *Lepiota* peuvent aussi être comparées « aux gros rameaux noueux, pleins, très réfringents, plus ou moins ramifiés », décrits par Bommer dans la moelle du sclérote de *Lentinus scleroticola* (3, p. 32). Nous reconnaissons également les caractères de nos hyphes coralloïdes dans les éléments réfringents, épais, ramifiés, à contour irrégulier, signalés par Ch. Bommer dans la moelle du sclérote de *Polyporus umbellatus*, et que l'auteur compare d'ailleurs aux hyphes que Prillieux désigne par le terme coralloïde. Quand, parvenues à un stade plus avancé de différenciation, ces hyphes s'épaississent, elles prennent, dit Bommer, l'apparence de tubercules hyalins (3, p. 34, pl. I, fig. 26 à 29). Ici encore, nous pouvons établir un parallélisme entre ces tubercules et les cellules scléreuses naissantes de la moelle de nos minuscules sclérotes.

D'après Éd. Fischer, l'une des trois parties constituantes qu'il distingue dans la masse interne du sclérote de *Pachyma cocos* est représentée par des « gekröseartig gewundene, oft korallenartig verzweigte, sehr unregelmässig gestaltete, stark lichtbrechende Körper » (11, p. 62, tab. VI, fig. 1-4). Ces éléments, dit Ch. Bommer dans sa description du même sclérote, « affectent généralement la forme de très gros rameaux réfringents ramifiés, d'aspect très noueux, coralloïde, et mesurent ordinairement 20-30 μ d'épaisseur, » (3, p. 41, pl. IV, fig. 4-6). Les descriptions et les figures données par ces auteurs peuvent s'appliquer tout aussi bien aux hyphes coralloïdes de la moelle des grains de *L. meleagris*.

Ch. Bommer constate que le tissu interne de la *Pietra fungaja* est constitué par deux espèces d'hyphes, dont « les unes offrent tout à fait l'aspect et les caractères des hyphes coralloïdes typiques » (3, p. 47). Quoique l'auteur ne figure pas ces éléments, la définition qu'il en donne permet de les rapprocher des hyphes coralloïdes de grains de *Lepiota*.

Nous connaissons la structure du sclérote de *Polyporus sacer* par les recherches d'Éd. Fischer et de Ch. Bommer.

D'après Fischer, trois sortes d'éléments entrent dans la constitution de la substance interne du sclérote : 1° des hyphes à parois épaisses, mesurant de 2-3 μ de diamètre et retenant l'air avec assez de persistance; 2° des corps réfringents, « lichtbrechende Körper », qui, à première vue, rappellent des grains d'amidon corrodés; leur forme, très variable, est le plus souvent sphérique ou subsphérique et un peu allongée; ils se caractérisent surtout par leur aspect corrodé; souvent on y distingue des corrosions qui pénètrent très avant dans leur substance et qui, dans certains cas et à un examen superficiel, peuvent en imposer pour une lumière centrale; çà et là, ces corps renferment une tache qui se colore en jaune par l'iode, et qui représente sans doute un reste de contenu cellulaire. Le diamètre des corps réfringents varie, en moyenne, de 25 à 30 μ. On y découvre parfois un strié concentrique délicat, mais net. Par l'action de la potasse, les corps réfringents se gonflent et se dissolvent. Disséminés entre les corps réfringents, se trouvent 3° des éléments plus petits, le plus souvent sphériques allongés, à membrane fortement épaissie et à contenu volumineux se colorant intensément en brun jaunâtre par l'iode. Ces éléments ne sont pas dissous par la potasse. En certains points, Fischer a vu ces corps sphériques se continuer avec une hyphe grêle; pour ce motif, il les désigne sous le nom de « Endzellen » (11, pp. 81-82, pl. VI, fig. 9-11).

Aucun de ces éléments ainsi compris ne peut être assimilé aux hyphes coralloïdes des grains de *Lepiota*. Nous aurons bientôt à revenir sur les « lichtbrechende Körper » et les « Endzellen », à propos des cellules scléreuses.

Ch. Bommer retrouve, dans la moelle du sclérote du *P. sacer*, les mêmes parties constituantes que Fischer, mais il interprète autrement la significa-

tion des hyphes réfringentes, et il trouve ces hyphes semblables aux corps coralloïdes de *Pachyma cocos*. Nous revenons plus loin sur son interprétation en parlant des cellules scléreuses, mais nous ne pouvons admettre le rapprochement fait par l'auteur entre les corps réfringents et les hyphes coralloïdes, ou plutôt nous ne pouvons l'admettre que pour certains de ces corps, ceux qui, d'après lui, se rencontrent quelquefois et qui présentent la forme en rameaux, caractéristique des éléments correspondants du *Pachyma* (3, p. 50).

Les éléments médullaires auxquels, à l'exemple de Boudier et Patouillard, nous avons donné le nom de cellules scléreuses, correspondent incontestablement, malgré certaines différences, aux « Endzellen » de Fischer et aussi, sous certains rapports, aux « lichtbrechende Körper » de ce botaniste. Ils rappellent les « Endzellen » par leur forme le plus souvent sphérique ou ovoïde, leurs parois épaisses, sclérotisées, leur insolubilité dans la potasse, leur contenu qui, d'après Fischer, se colore en brun jaunâtre par l'iode.

« Il arrive très souvent, dit Ch. Bommer, que l'épaississement de la membrane des « Endzellen » ne se fait pas également sur toute la surface de ces hyphes et, lorsque la membrane est très épaissie, la cavité cellulaire occupe une position fort excentrique, quelquefois même tout à fait superficielle. »

« Une grande analogie, ajoute l'auteur, existe entre ce processus et la formation excentrique des grains d'amidon. Il doit, en effet, arriver fréquemment que le dépôt des couches successives de cellulose ne se forme que peu ou point à l'endroit où la « Endzelle », est attachée à l'hyphe qui lui a donné naissance, si cette dernière persiste plus ou moins longtemps, et il est vraisemblable que bien souvent l'hyphe laisse une sorte de cicatrice à l'endroit de laquelle la formation de la membrane est moins active » (3, pp. 50-51, pl. IV, fig. 19 et 22).

Nous avons attiré l'attention sur la situation excentrique de la cavité de certaines cellules scléreuses, dont le contenu vient sourdre à la surface. C'est ainsi que les coupes reproduites par nos figures 10 et 16 de la planche V peuvent être comparées à la figure 19 de la planche IV du mémoire de

Ch. Bommer. Comme lui, nous admettons que le défaut dans l'enveloppe scléreuse peut correspondre à l'endroit d'insertion d'une hyphe ayant donné naissance à la cellule, et résulte d'une non-formation de cellulose à ce niveau. La même explication peut valoir lorsqu'il s'agit de prolongements étroits de la cavité qui débouchent à la surface, lorsque l'endroit des parois qu'ils traversent est aminci (pl. V, fig. 5, *m.*, fig. 6, *m.*); mais fréquemment, aux endroits correspondant à l'ancienne insertion des prolongements générateurs de la cellule, la formation de la couche scléreuse, simplement traversée par les traînées protoplasmiques, restes de la continuité du contenu des prolongements avec celui de la cellule naissante, n'est pas moins active qu'en d'autres points des parois.

Il est un caractère qui distingue nos cellules scléreuses des « Endzellen » : Alors que ces dernières sont appendues à une hyphe filamenteuse comparable à celles qui forment la trame de la moelle du sclérote de *P. sacer*, les cellules scléreuses sont généralement en rapport, dès leur origine, avec plusieurs prolongements hyalins, et souvent ce rapport persiste après le complet développement des cellules.

Nous avons dit que Ch. Bommer n'est pas d'accord avec Ed. Fischer sur l'interprétation des « lichtbrechende Körper ». Fischer, se basant sur leur aspect particulier, la solution de leur paroi hyaline par la potasse, les considère comme des formations différentes de ses « Endzellen ». Pour Bommer, au contraire, les « Endzellen » représenteraient les états jeunes des hyphes réfringentes. Il invoque entre autres arguments en faveur de sa manière de voir :

a) La présence de formes intermédiaires entre les « Endzellen » et les « lichtbrechende Körper », à la suite de l'épaississement de la paroi des premières et la diminution graduelle de leur cavité;

b) La situation souvent excentrique de cette cavité, les cavités excentriques correspondant aux parties corrodées signalées, par Fischer, dans les hyphes réfringentes;

c) La structure des hyphes réfringentes, dans la couche desquelles on observe souvent une structure concentrique;

d) La résistance à la potasse de la paroi des « Endzellen » et la solu-

bilité par ce réactif de celle des « lichtbrechende Körper » prouvant simplement qu'il existe une différence d'âge, et par suite de composition, entre les deux espèces d'éléments.

Nous n'hésitons pas à nous ranger à l'avis de Ch. Bommer, en nous basant sur l'étude des cellules scléreuses de la moelle de nos petits sclérotes. A l'exemple de Bommer, nous considérons les cellules à cavité excentrique, telles que celles représentées figures 10 et 16 de la planche V, comme très comparables aux hyphes réfringentes de Fischer. En supposant entièrement disparu le contenu de ces cellules, les cavités restantes représenteraient les prétendus espaces corrodés décrits et figurés par le mycologue suisse; dans certains cas, on se le rappelle, il trouve, à l'intérieur de ces espaces, un reste de protoplasme.

Nous pouvons rapprocher du strié concentrique décrit par Fischer et observé également par Ch. Bommer, la disposition zonaire que présente, dans certaines conditions, la couche hyaline des cellules scléreuses. Cette structure concentrique se retrouve aussi dans les hyphes réfringentes du sclérote du *Polyporus rhinoceros,* qui présente d'ailleurs la plus grande analogie avec celui du *P. sacer.* (3, p. 55, pl. IV, fig. 30-31).

Après dissolution de la paroi réfringente par la potasse, Fischer voit persister une mince membrane. C'est bien l'homologue de la membrane limitante des cellules scléreuses.

Bommer attire l'attention sur certaines hyphes réfringentes dont le contenu, pressé inégalement sur différents points de sa surface par l'accroissement de la membrane environnante, prend un contour plus ou moins polygonal avec des prolongements amincis en rayons (3, p. 53, pl. IV, fig. 23). De semblables formes, mais que nous croyons devoir expliquer, partiellement du moins, par la persistance de prolongements protoplasmiques, restes de la communication avec le contenu des prolongements au confluent desquels la cellule a pris naissance, s'observent dans un assez grand nombre de cellules scléreuses (pl. VI, fig. 3, 6, 18).

Si, malgré ces points de ressemblance avec les « lichtbrechende Körper », les cellules scléreuses en diffèrent sous d'autres rapports, tels que la résistance de la paroi hyaline à l'action de la potasse, l'absence de cavités sans

contenu, cela prouve simplement, comme le remarque avec raison Bommer pour *P. sacer,* qu'elles représentent un stade plus jeune que celui auquel sont arrivées les hyphes réfringentes du sclérote de ce Polypore.

Nous pouvons donc dire que, comparés aux autres sclérotes accumulateurs dont on connaît la structure, les sclérotes du mycélium de *Lepiota meleagris,* nonobstant leur exiguïté, réalisent un degré de différenciation très élevé. On y retrouve, en effet, les éléments constituants caractéristiques des sclérotes les plus parfaits. Aussi ne pouvons-nous adopter la manière de voir de Boudier et Patouillard lorsqu'ils disent : « Notre petit champignon... se rapproche certainement des sclérotes, dont il nous a semblé devoir être séparé génériquement par la présence de ses cellules scléreuses » (4, p. 144).

D'après les créateurs du *Coccobotrys xylophylus,* « ces curieuses cellules ne peuvent être regardées comme des thèques, malgré les simulacres de spores qu'elles présentent quelquefois. Elles rappellent très bien celles que l'on rencontre dans le genre *Emericella*... comme aussi celles que l'on rencontre dans les *Mylitta* » (4, p. 143). Nous avons vu que les images fournies par les coupes de certaines cellules scléreuses pouvaient donner lieu à une autre interprétation, le contenu de ces cellules renfermant des éléments qu'on ne rencontre pas dans les sclérotes simplement accumulateur et qui rappellent, au contraire, les corps ovoïdes des hyphes ovoïdes découverts, par Ch. Bommer, chez *Mylitta australis.*

Nous n'insisterons pas davantage sur ces corps, dont la vraie signification, en ce qui concerne ceux des grains de *Lepiota,* reste douteuse. Nous nous bornerons à faire remarquer que s'il venait à être démontré que ces corps correspondent réellement à ceux de *Mylitta* et que, par conséquent, les cellules qui les renferment ont la valeur de thèques, les grains eux-mêmes pouvant être comparés dès lors à de petites Tuberacées, on pourrait encore invoquer, en faveur de cette interprétation, les faits suivants :

1° La petitesse des grains comparée au volume considérable qu'atteignent généralement les sclérotes accumulateurs ;

2° La croissance limitée des grains et l'uniformité de leur diamètre qui ne varie qu'entre 1 et 2 millimètres, alors que la croissance des sclérotes

accumulateurs est en quelque sorte illimitée et que les dimensions d'une même espèce de sclérote varient dans d'assez larges limites;

3° La forme régulière, sphérique des grains opposée à la forme plus ou moins irrégulière des vraies sclérotes accumulateurs;

4° Le mode d'union des grains aux filaments du mycélium par l'intermédiaire d'une poche ou enveloppe mycélienne, rappelant, en petit, l'enveloppe génératrice formée par le mycélium autour de certains ***Elaphomyces***, notamment l'***E. mutabilis***.

AUTEURS CITÉS

1. Bary (A. de), *Vergleichende Morphologie und Biologie der Pilze, Mycetozoen und Bacterien*. Leipzig, 1884.
2. Berthold (G.), *Studien über Protoplasmamechanik*. Leipzig, 1886.
3. Bommer (Ch.), *Sclérotes et cordons mycéliens*. (Mémoires couronnés et mémoires des savants étrangers publiés par l'Académie royale de Belgique, 1894, t. LIV.)
4. Boudier et Patouillard, *Note sur deux champignons hypogés*. (Bulletin de la Société mycologique de France, 1900, t. XVI, 3me fasc.)
5. Cohn (Ferdinand), *Beiträge zur Physiologie der Phycochromoceen und Florideen*. (Archiv f. mikr. Anatomie, 1867, Bd III.)
6. Cohn und Schroeter, *Untersuchungen über* Pachyma *und* Mylitta. (Abhandlungen der naturwissenschaftlichen Verein in Hamburg, Bd XI, 2. Heft.)
7. Cramer, *Das Rhodospermin ein krystalloidischer quellbarer Körper*. (Vierteljahrschrift der naturforschenden Gesellschaft in Zürich, Bd VII.)
8. Cuénot, *Recherches sur l'évolution et la conjugaison des Grégarines*. (Archives de Biologie, 1900, t. XVII.)
9. Errera (Léo), *L'Épiplasme des Ascomycètes et le glycogène des végétaux*. Bruxelles, 1882.
10. — *Les réserves hydrocarbonées des Champignons*. (Comptes rendus de l'Académie des Sciences, 3 août 1885, t. CI.)
11. Fischer (Ed.), *Beiträge zur Kenntniss exotischer Pilze*. II. Pachyma cocos *und ähnliche sclerotienartige Bildungen*. (Hedwigia, 1891, 2. Heft.)
12. Giard (A.), *L'*Isaria densa (*Link*) *Fries, Champignon parasite du Hanneton commun*. (Bulletin scientifique de la France et de la Belgique, 1893, t. XXIV.)
13. Klein, *Zur Kenntniss des* Pilobolus. (Jahrbücher für wissenschaft. Botanik, 1872, Bd VIII.)
14. — *Die Krystalle der Meeres Algen*. (Pringsheim's Jahrb., Bd XIII.)
15. — *Flora*, 1871.
16. Kraus (G.), *Pringsheim's Jahrb. f. wiss. Botanik*, Bd VIII.
17. Patouillard, *Les Hyménomycètes d'Europe*. Paris, 1887.

17bis. Poirault, *Recherches sur les Cryptogames vasculaires.* (Annales des sciences naturelles. Botanique, 1894.)

18. Prenant (A.), *Formes cristallines (cristalloïdes ou cristaux?) des matières albuminoïdes dans les tissus animaux.* (Bulletin des séances de la Société des sciences de Nancy, 9e année, 1897, n° 1.)

19. — *Notes cytologiques.* I. *Cristalloïdes dans la glandule thymique du Caméléon.* (Archives d'anatomie microscopique, t. I, fasc. 1.)

20. — *Notes cytologiques.* III. *Cristalloïdes intranucléaires des cellules nerveuses sympathiques chez les Mammifères.* (Ibid., 1897, fasc. 3.)

21. Prillieux, *Le* Pachyma cocos *en France.* (Bulletin de la Société botanique de France, 1889, t. XXXVI.)

22. Tulasne (L. R.), Fungi hypogaei. Editio altera. Paris, 1862.

23. Van Bambeke (Ch.), *Le* Coccobotrys xylophylus (*Fr.*) *Boud. et Pat.* (Cenococcum xylophilum *Fr.*) *est le mycélium de* Lepiota meleagris (*Sow.*) *Sacc.* (Bulletin de la Société royale de Botanique de Belgique, 1900, t. XXXIX.)

24. — *Hyphes vasculaires des Autobasidiomycètes.* (Mémoires couronnés des savants étrangers, publiés par l'Académie royale de Belgique, 1894, t. LII.)

25. — *Cristalloïdes dans l'oocyte de* Pholcus phalangioides *Fuessl.* (Archives d'anatomie microscopique, 1898, t. II.)

26. Van Tieghem (Ph.), *Nouvelles recherches sur les Mucorinées.* (Annales des sciences naturelles. Botanique, 1875, t. I, 6e série.)

27. Wakker, *Over Krystalloiden in Zeewieren.* (Nederl. kruidk. Archief, II, IV, V.)

27bis. Will (H.), *Eine Mycoderma-Art und deren Einfluss auf Bier.* II. *Mitteilung.* (Centralblatt für Bakteriologie, etc., 1900, Bd VI, n° 17.)

28. Zimmermann (A.), *Beiträge zur Morphologie und Physiologie der Pflanzenzelle*, 1890-1893, Bd I.

EXPLICATION DES PLANCHES

PLANCHE I

Fig. 1. — Fragment de filament mycélien. Préparation par dissociation; coloration par le liquide Biondi-Heidenhain. — Zeiss, ch. cl. apochrom. s. 3.0 mm., oc. comp. 2. — *h. f.*, hyphes filamenteuses; *h. v.*, *h. v.*, hyphes vasculaires.

Fig. 2. — Coupe transversale d'un filament mycélien fixé par l'alcool à 90°; coloration par la safranine et le vert lumière. — Zeiss, ch. cl. s. apochr. 3.0 mm., oc. comp. 4. — *h. f.*, *h. f.*, hyphes filamenteuses; *g. h.*, grosses hyphes à cristalloïdes; *h. v.*, hyphe vasculaire.

Fig. 3. — Fragment d'une coupe longitudinale de filament mycélien. Fixation par l'alcool; coloration par le rouge Congo. — Même grossissement que la figure précédente. — *n.*, *n.*, noyaux d'une cellule de grosse hyphe à cristalloïdes.

Fig. 4. — Grosses hyphes à cristalloïdes situées en dehors d'un filament mycélien. Préparation par dissociation; coloration par le liquide Biondi-Heidenhain. — Zeiss, ch. cl., s. apochr. 3.0 mm., oc. comp. 6. — En *a*, hyphe de forme ovoïde.

Fig. 5. — Grosse hyphe isolée. — *h. c.*, cellule présentant les caractères d'une cellule d'hyphe à cristalloïdes et se continuant avec les cellules *h. v.*, *h. v'.*, *h. v''.*, dont le contenu rappelle celui des hyphes vasculaires. — Mode de préparation et grossissement comme pour la figure précédente.

Fig. 6. — *a*) Groupe de fines hyphes à cristalloïdes, situées à la surface d'un filament et préludant à la formation de la poche mycélienne entourant les grains ou tubercules. — *b*) Fine hyphe à cristalloïdes montrant une boucle en *bc*. — Préparation et grossissement comme pour les figures 4 et 5.

Fig. 7. — Fragment d'une coupe longitudinale du stipe d'un exemplaire de *Lepiota meleagris*. A gauche de la figure, hyphes à cristalloïdes rappelant celles des filaments mycéliens. A droite, hyphes de la surface du stipe (poils) à renflements claviformes. — Coloration par le liquide Biondi-Heidenhain. — Ch. cl. Zeiss, s. apochr. 3.0 mm., oc. comp. 2.

PLANCHE II

Fig. 1-20. — Hyphes filamenteuses ou périphériques des filaments mycéliens. Préparation par dissociation. Toutes les figures ont été dessinées à la ch. cl., au même grossissement : Zeiss, s. apochr. 3.0 mm. oc. comp. 6. — *b.*, *b.*, parties dilatées de la lumière des hyphes; *r.*, *r.*, dispositions en imposant pour l'existence de cloisons. — Pour plus amples explications, voir le texte.

PLANCHE III

Toutes les figures de cette planche représentent de grosses hyphes à cristalloïdes, à l'exception de certaines hyphes du groupe reproduit figure 1 et de l'hyphe représentée figure 6. — D'après des préparations par dissociation et coloration par le liquide Biondi-Heidenhain. — Zeiss, ch. cl., s. apochr. 3.0 mm., oc. comp. 6.

Fig. 1. — Fragment d'un cylindre central de filament mycélien. Grosses hyphes à cristalloïdes entremêlées de quelques hyphes de la variété fine. — *p.*, *p.*, *p.*, *p.*, ponctuations; *b. l.*, bourgeon latéral d'une cellule; *h. f.*, hyphes filamenteuses.

Fig. 2. — Fragment d'hyphe; dans l'une des cellules, groupe de plusieurs cristalloïdes; *c. p.*, cristalloïde de forme pentagonale soudé, sur une de ses faces, à un cristalloïde plus petit, rhomboïde; *c. i.*, cristalloïde imparfait, claviforme.

Fig. 3. — Cellule isolée montrant en *b. l.* un bourgeon latéral terminé en cul-de-sac.

Fig. 4. — Hyphe dont la cellule *a* s'incurve à une de ses extrémités, *i.*, pour se mettre en rapport avec la cellule *b.*; *b. t.*, bourgeon terminal encore en continuité avec la cellule dont il provient.

Fig. 5. — Hyphe montrant une cellule *a* contiguë aux cellules *b* et *i*; en *c*, ponctuation livrant passage à l'un des angles d'un cristalloïde situé à l'extrémité correspondante de la cellule *b*; *i.*, cellule incurvée; *c. sp.*, cristalloïde sphérique situé à l'extrémité de cette cellule en rapport avec la cellule *a*.

Fig. 6. — Fragment d'hyphe intermédiaire entre les grosses et les fines hyphes à cristalloïdes, incurvée en crosse à l'une de ses extrémités, laquelle donne naissance à deux hyphes fines.

Fig. 7. — Fragment de cellule avec large ponctuation en *p*.

Fig. 8. — Hyphes dont les cellules *a* et *b* renferment, indépendamment des cristalloïdes, des traînées granuleuses teintées de rose par la fuchsine; en *e.*, étranglement de la cellule *a*.

Fig. 9. — Cellule isolée d'hyphe renfermant en *c. i.*, *c. i.*, des cristalloïdes imparfaits.

Fig. 10. — Hyphe dont la cellule *a* émet un bourgeon *b. l.* (voir le texte); *b.*, cellule repliée sur elle-même.

Fig. 11. — Hyphe dont les deux cellules intercalées *sp.*, *sp.*, entre *a* et *b*, sont très courtes et de forme à peu près ovoïde.

Fig. 12. — Fragment de cellule d'hyphe, à petits cristalloïdes surtout accumulés à l'extrémité figurée.

Fig. 13. — Fragment d'hyphe; près de l'extrémité d'une des deux cellules, en *a*, accumulation de cristalloïdes.

Fig. 14. — Extrémité incurvée de cellule, *i*; *b. t.*, bourgeon terminal partant du sommet de l'incurvation et déjà séparé du reste de la cellule par une cloison; *c. sp.*, cristalloïde de forme sphérique.

Fig. 15. — Hyphe dont la cellule *a* laisse voir, en *o*, sa forme cylindrique; la cellule *b* s'engage dans une dépression de la cellule *a*.

PLANCHE IV

Toutes les figures de cette planche, à l'exception des figures 2 et 4, ont été dessinées au même grossissement. Ch. cl. Zeiss, s. apochr. 3.0 mm., oc. comp. 6.

Fig. 1. — Fine hyphe à cristalloïdes isolée; en *a.*, cellule bifurquée.

Fig. 2. — Fragment d'un fin filament mycélien ne renfermant pas d'hyphe vasculaire. — Coloration par le liquide Biondi-Heidenhain. — Zeiss, ch. cl. s. apochr. 3.0 mm., oc. comp. 4. — *h. f.*, hyphes filamenteuses; *f. h.*, fines hyphes à cristalloïdes.

Fig. 3. — *a-f.*, diverses formes de cristalloïdes imparfaits; *g-i.*, soudure de cristalloïdes. — Coloration par le liquide Biondi-Heidenhain.

Fig. 4. — Fragment de la couche corticale d'un grain, d'après une coupe, après fixation par l'alcool à 90°; double coloration par l'éosine et l'hématoxyline. — Zeiss, ch. cl. s. apochr. 3.0 mm., oc. comp. 2. — *e. m.*, enveloppe mycélienne; *z. r.*, zone externe ou radiaire; *z. m.*, zone moyenne ou intermédiaire; *z. i.*, zone interne; *m.*, moelle.

Fig. 5. — Fragments d'hyphes de la couche corticale, après traitement par l'iode (réactif Errera).

Fig. 6. — Cellule scléreuse, après le même traitement. *m. l.*, membrane limitante. (Voir le texte.)

Fig. 7. — Cellule scléreuse à prolongements multiples. *m. l.*, membrane limitante faisant défaut en *a.* — Préparation par dissociation; coloration par le vert de méthyle acide; conservation dans la glycérine.

Fig. 8. — Groupe de trois cellules scléreuses. *m. l.*, membrane limitante; *a.*, *a'.*, surfaces dépourvues de cette membrane; *g.*, *g.*, sortes de glomérales formés d'hyphes grêles; *h. g.*, hyphe grêle en continuité avec une hyphe coralloïde; *h.*, hyphe de la couche corticale. — Même mode de préparation, etc., que pour la figure 7.

Fig. 9. — Cellule scléreuse isolée. *m.*, *l.*, *a.*, même signification que dans les figures 7 et 8. — Même mode de préparation.

Fig. 10. — Autre cellule scléreuse isolée. *m.*, *l.*, même signification que pour les figures 7 à 9; *s.*, prolongement de la cavité cellulaire, aboutissant sous la membrane limitante. Même mode de préparation.

PLANCHE V

Les figures 1 à 18 de cette planche sont faites d'après des préparations dissociées, après fixation par l'alcool et coloration par le vert de méthyle, l'éosine ou le liquide de Biondi-Heidenhain. Toutes ont été dessinées à la chambre claire, à l'aide de l'obj. apochr. 3.0 mm. Zeiss, et l'ocul. comp. 6.

Dans toutes les figures, *m. l.* indique la membrane limitante; *a,* les endroits dépourvus de cette membrane.

Fig. 1. — Hyphe coralloïde; *c. s.*, *c. s.*, premières ébauches de cellules scléreuses.

Fig. 2. — Autre hyphe coralloïde; en *h. g.*, hyphe grêle colorée, du caractère de celles de l'écorce, paraissant se trouver en continuité avec l'hyphe coralloïde; *g.*, *g.*, glomérules d'hyphes très grêles, en continuité en *c.*, *c.* avec l'hyphe coralloïde.

Fig. 3. — Hyphe coralloïde en continuité avec une jeune cellule scléreuse *c. s.*

Fig. 4. — Deux hyphes coralloïdes *c.*, *d.*, soudées entre elles; l'hyphe *c* donne naissance à une cellule scléreuse *c.*, *s.*; *f.*, hyphe coralloïde traversée par une traînée protoplasmique *e*; *p.*, traînée protoplasmique allant de l'ébauche de la cellule *c. s.* dans l'hyphe coralloïde *d.*

Fig. 5. — Cellule scléreuse adhérant, par un point de sa membrane limitante, à l'hyphe coralloïde *h. c.*; *m.*, *m.*, aboutissants périphériques de prolongements de la cavité cellulaire.

Fig. 6. — Cellule scléreuse renfermant des corps sphériques de dimensions variables; *m.*, méat au niveau duquel le contenu de la cellule est à nu.

Fig. 7. — Cellule scléreuse en forme de biscuit ou de semelle.

Fig. 8. — Cellule scléreuse sphérique à prolongements, renfermant de nombreuses enclaves de forme sphérique.

Fig. 9. — Cellule scléreuse piriforme; en *m.*, aboutissant périphérique d'un prolongement protoplasmique.

Fig. 10. — Cellule scléreuse à prolongements multiples; en *m.*, le contenu saille à travers les enveloppes.

Fig. 11. — Autre cellule scléreuse de forme sphérique, à enclaves sphériques.

Fig. 12. — Petite cellule scléreuse *c. s.*, en continuité avec les hyphes coralloïdes *a*, *b*, *c*, *d*.

Fig. 13. — Cellule scléreuse dépourvue de prolongements.

Fig. 14. — Cellule scléreuse dépourvue, en *m.*, de sa membrane limitante et renfermant des cristalloïdes.

Fig. 15. — Cellule scléreuse partiellement recouverte par les débris de la membrane limitante rupturée. Cristalloïdes dans la cavité cellulaire.

Fig. 16. — Cellule scléreuse dont le contenu se trouve à nu en *m.*

Fig. 17. — Cellule scléreuse avec membrane limitante rupturée.

Fig. 18. — Cellule scléreuse montrant, à la surface de la membrane limitante, des replis de cette membrane, pouvant en imposer pour une disposition zonaire.

Fig. 19. — Cellule scléreuse d'une préparation traitée par le chlorure de zinc. Gonflement considérable de la membrane limitante; disposition zonaire très nette de la couche scléreuse; en *h. g.*, hyphes grêles appliquées sur la membrane limitante.

PLANCHE VI

Toutes les figures de cette planche ont été dessinées au même grossissement : ch. cl. s. apochr. 3.0 mm. Zeiss, oc. apochr. 6.

Dans toutes les figures, *m. l.* indique membrane limitante; *h. c.* indique hyphe coralloïde; *c. s.* indique cellule scléreuse.

Les figures 1 à 21 sont faites d'après des coupes, après fixation par l'alcool à 90°, et coloration par le liquide Biondi-Heidenhain.

Fig. 1. — Cellule scléreuse à cavité de forme irrégulière.

Fig. 2. — Fragment d'une autre cellule scléreuse.

Fig. 3. — Petite cellule scléreuse à cavité de forme irrégulière et dont le contenu arrive à la surface de la cellule en *m*.

Fig. 4. — Autre cellule scléreuse renfermant des cristalloïdes.

Fig. 5. — Cellule scléreuse à enclaves de forme sphérique. (Voir le texte.)

Fig. 6. — Cellule scléreuse piriforme.

Fig. 7, 8, 9. — Autres cellules scléreuses. (Voir le texte.)

Fig. 10. — Cellule à disposition zonaire de la couche scléreuse. (Voir le texte.)

Fig. 11. — Cellule scléreuse à cristalloïdes.

Fig. 12, 13. — Autres cellules scléreuses. (Voir le texte.)

Fig. 14, 15. — Cellules scléreuses à disposition zonaire de la couche scléreuse. (Voir le texte.)

Fig. 16. — Grande cellule scléreuse.

Fig. 17. — Cellule scléreuse piriforme.

Fig. 18. — Cellule scléreuse sphérique à cavité de forme irrégulière.

Fig. 19. — Cellule scléreuse à disposition zonaire de la couche scléreuse. (Voir le texte.)

Fig. 20, 21. — Fragments de coupes montrant des îlots d'hyphes coralloïdes au milieu de cellules scléreuses. *c.*, *n.*, contenu de cellules scléreuses naissantes. (Voir le texte.)

Fig. 22. — Cellule avec disposition zonaire de sa couche scléreuse, d'une coupe de grain, après fixation par l'alcool et coloration par la safranine et le vert de méthyle.

Fig. 23, 24 et 25. — Cellules scléreuses d'après des préparations par dissociation et fixation par l'acide osmique à 1 %. — La cellule représentée figure 25 est en rapport avec de nombreux prolongements hyalins.

PLANCHE VII

Toutes les figures de cette planche ont été faites d'après des coupes, après fixation des grains par l'alcool à 90° et double coloration, sur lames, par l'éosine et l'hématoxyline. — Elles ont été dessinées au même grossissement que celles des planches V et VI.

Les figures 1 à 3, et surtout les figures 5 à 7, 9 à 11, 13 à 18 et 23, renseignent sur les caractères du contenu des cellules : protoplasme et enclaves diverses. (Pour plus ample explication, voir le texte.)

Fig. 4. — Cellule scléreuse renfermant un corps de forme ovoïde, *c. o.*, et en *x*, un corps semblable (?) coupé tangentiellement. (Voir le texte.)

Fig. 8. — Soudure probable de deux cellules scléreuses. *s.*, *s'*. Lignes de soudure des parois. (Voir le texte.)

Fig. 12. — Cellule en forme de bissac. Dans la dilatation supérieure, on distingue un corps *co.*, de forme ovoïde.

Fig. 19. — Petite cellule scléreuse à contenu de forme ovoïde.

Fig. 20. — Cellule dont le contenu, en un point de la surface cellulaire *m*, est dépourvu de membrane limitante.

Fig. 21. — Cellule scléreuse renfermant deux corps de forme ovoïde, juxtaposés suivant leur grand axe. (Voir le texte.)

Fig. 22. — Cellule dont le contenu protoplasmique renferme trois vésicules nucléaires juxtaposées.

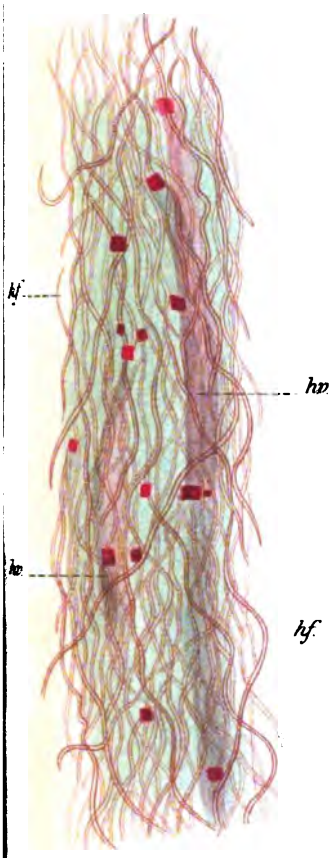


Fig. 1.

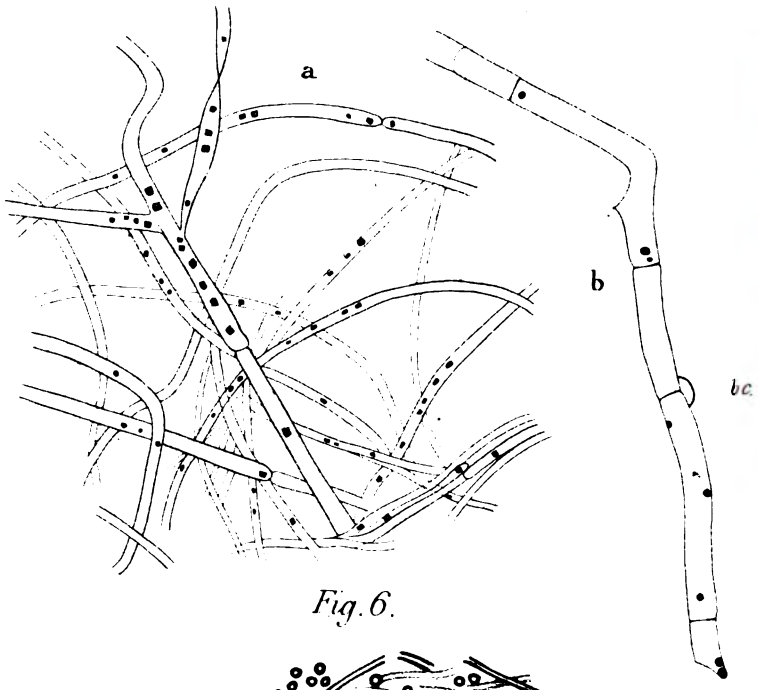


Fig. 6.

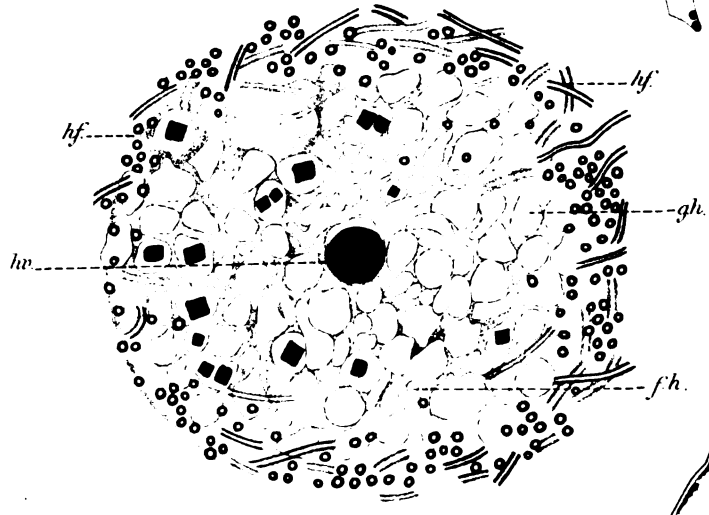


Fig. 2.

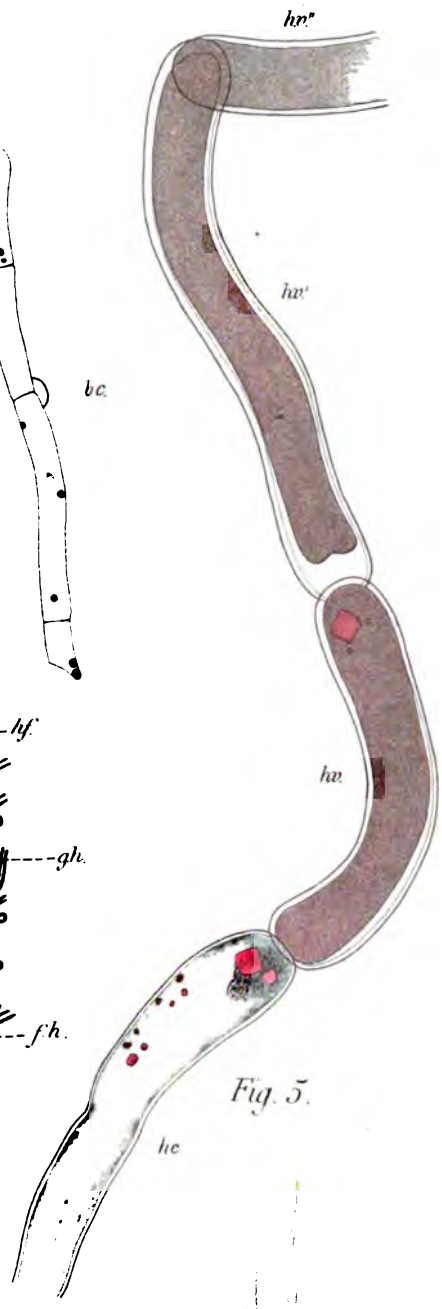


Fig. 5.

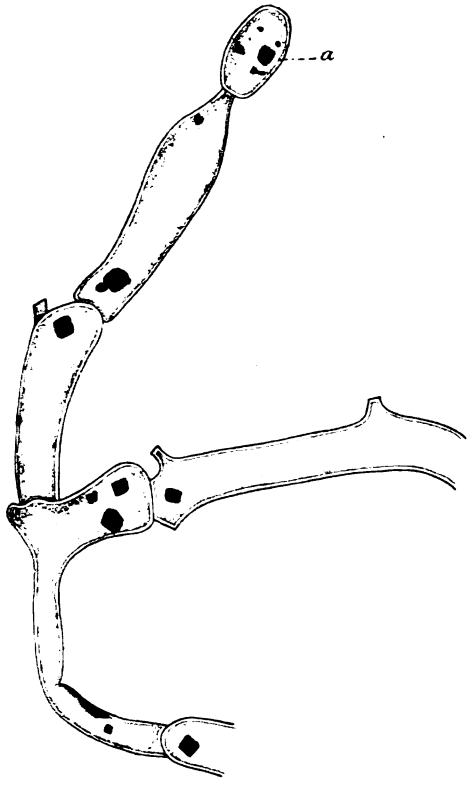


Fig 4.

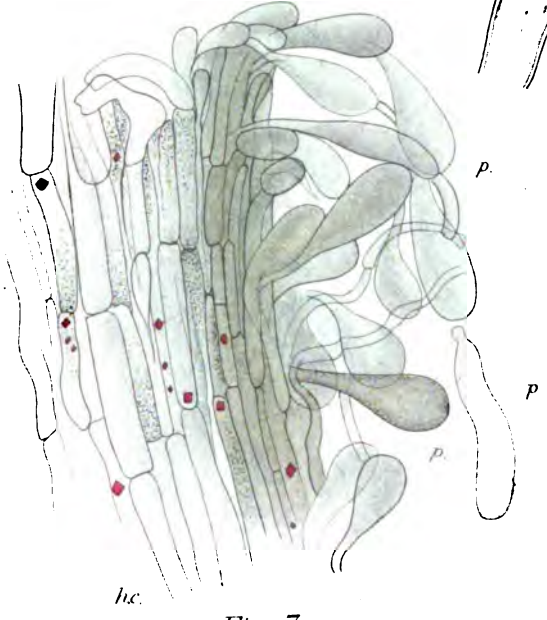


Fig. 7.

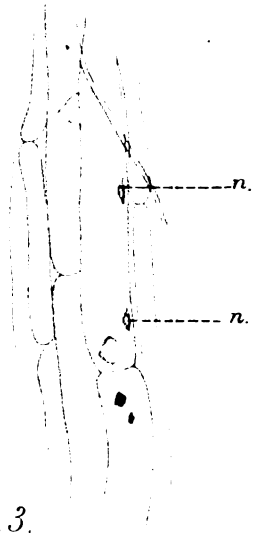
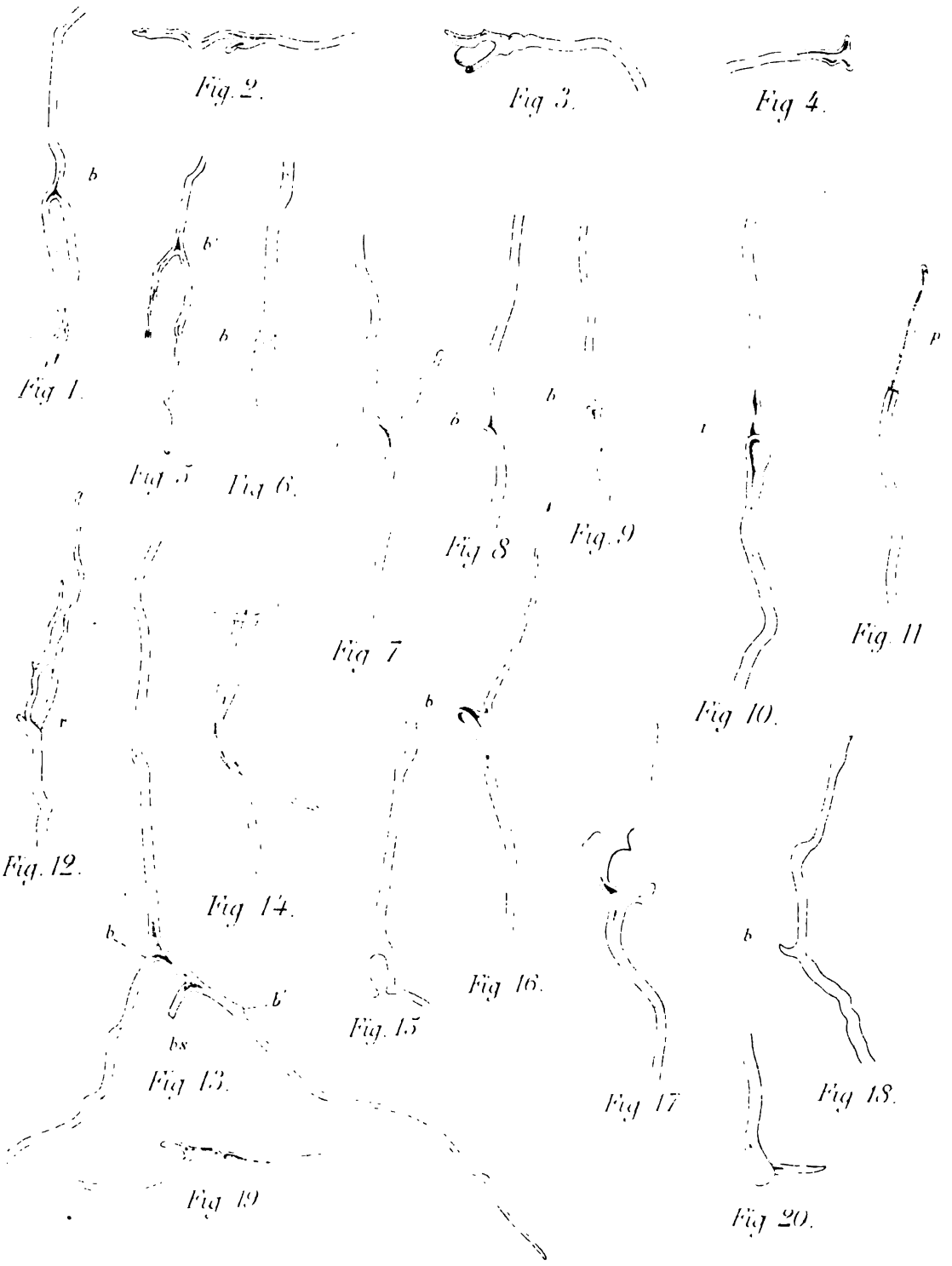


Fig. 3.



C.V.B. ad nat. fecit

Chromolith. J.J. GOFFART, Bruxelles.

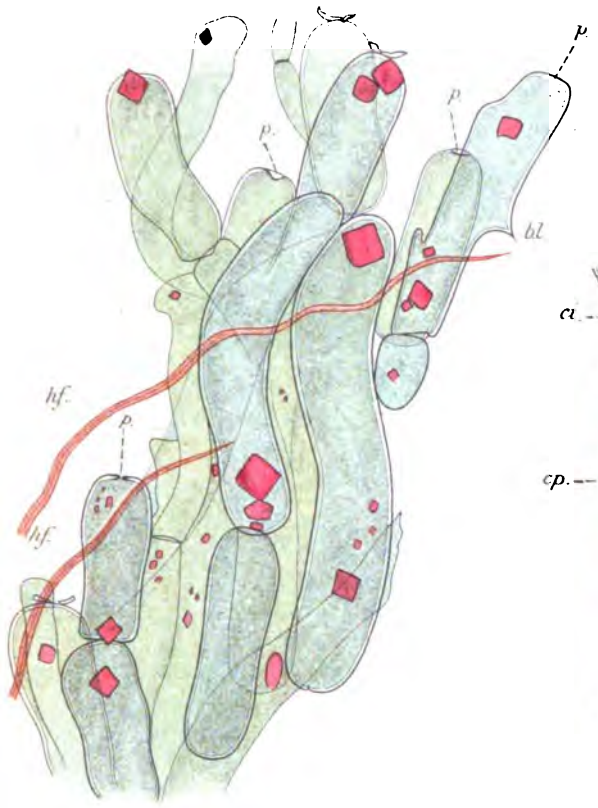


Fig. 1.

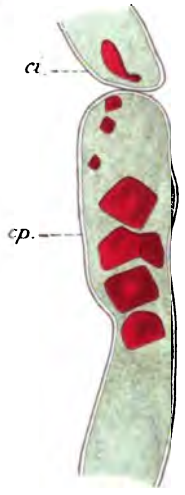


Fig. 2.

Fig. 3.

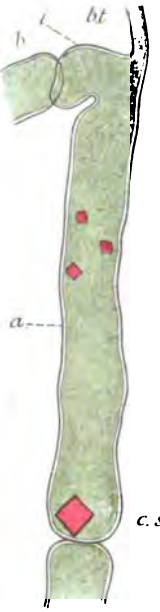


Fig 4.

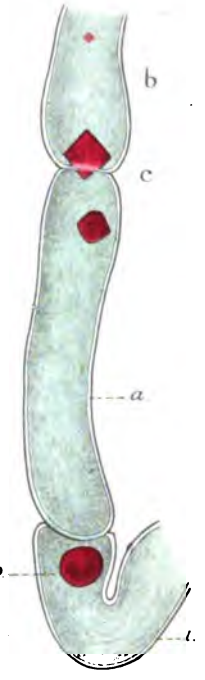


Fig. 5.

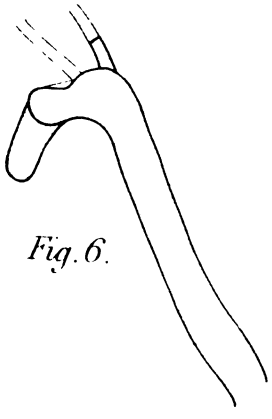


Fig. 6.

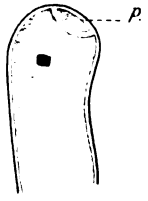


Fig. 7.

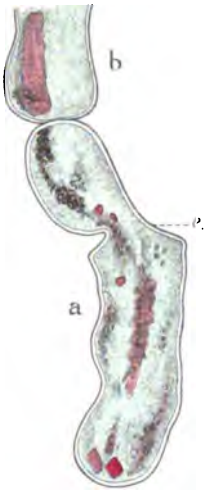


Fig. 8.

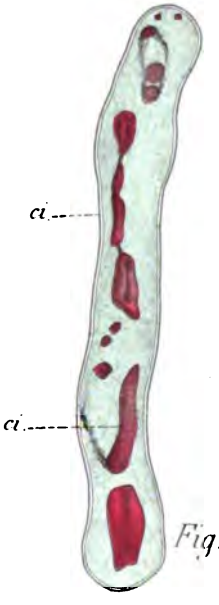


Fig. 9.

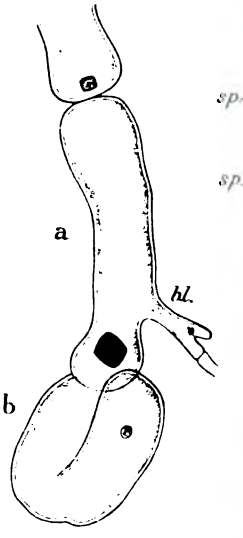


Fig. 10.

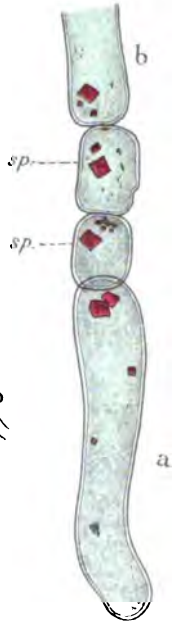


Fig. 11.

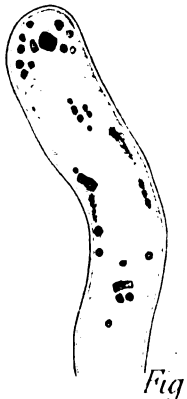


Fig. 12.

Fig. 13.

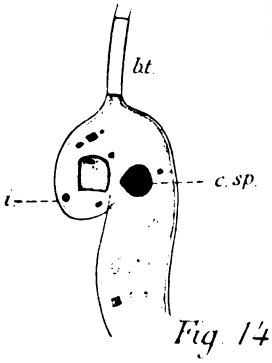


Fig. 14.

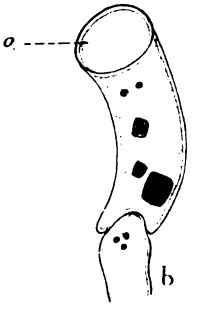


Fig. 15.

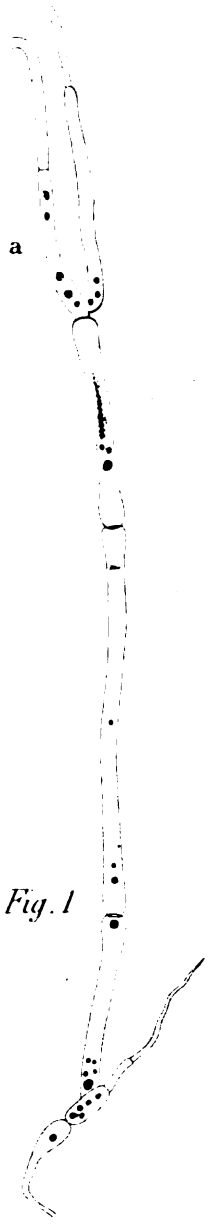


Fig. 1

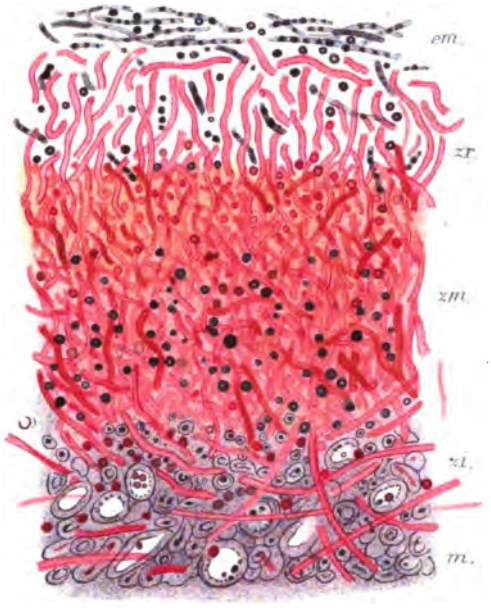


Fig 4.

Fig. 6.

Fig. 5.

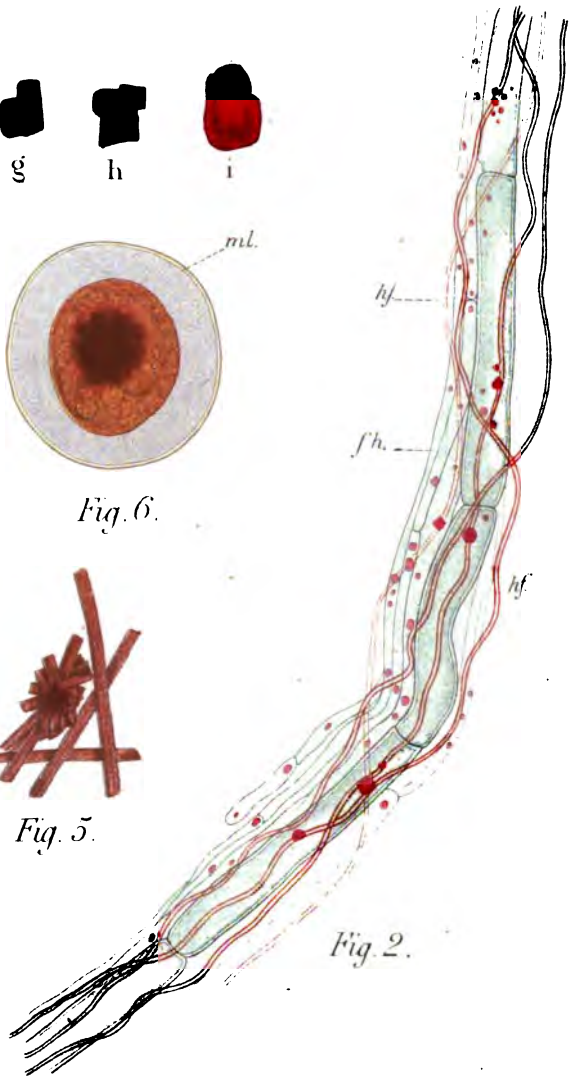
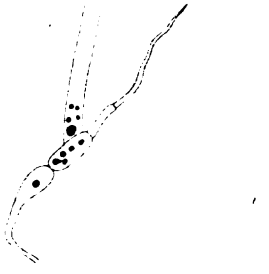


Fig. 2.



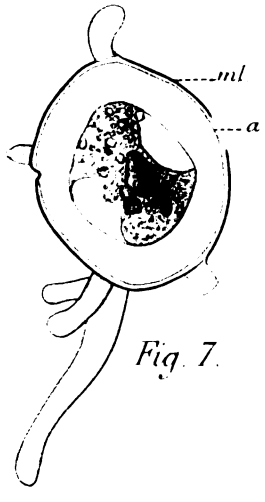


Fig. 7.

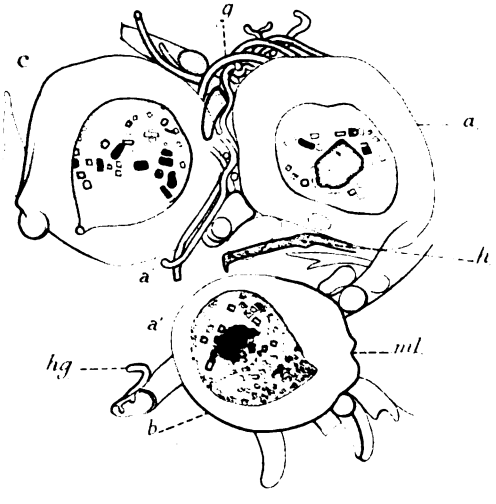


Fig. 8.

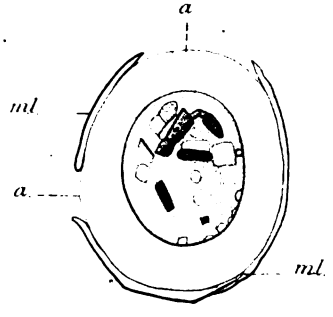


Fig. 9.

Fig. 10.

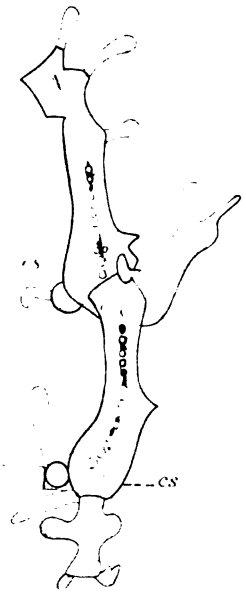


Fig. 1.

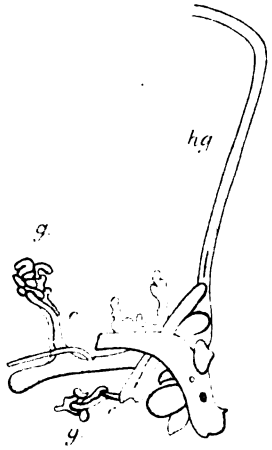


Fig. 2.

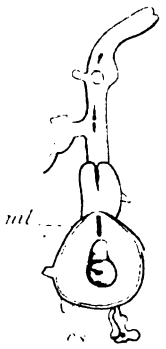


Fig. 3.

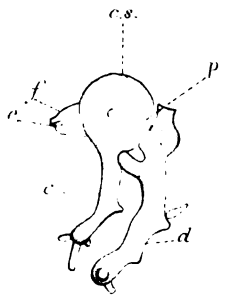


Fig 4

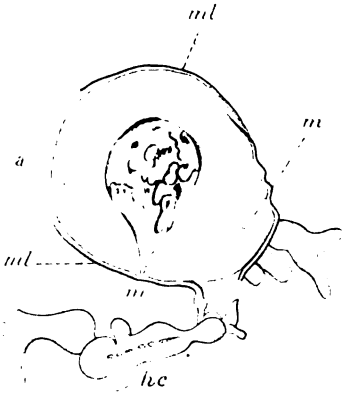


Fig. 5.

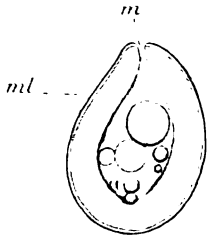


Fig. 6.

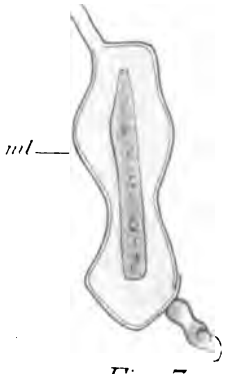


Fig. 7.

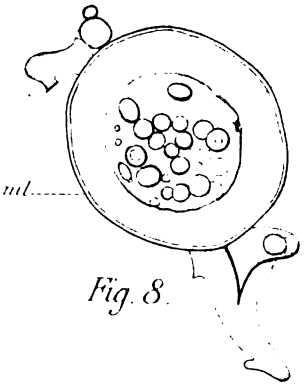


Fig. 8.

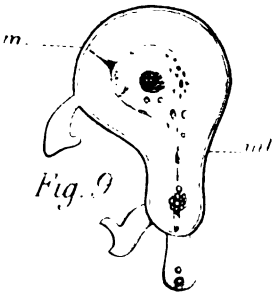


Fig. 9

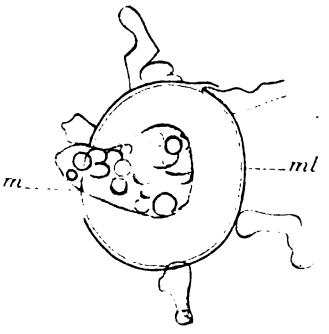


Fig. 10.

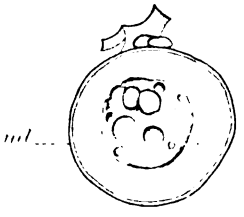


Fig. 11.

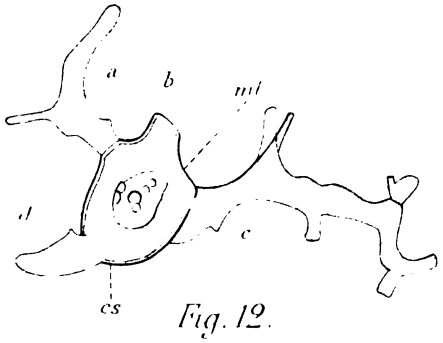


Fig. 12.

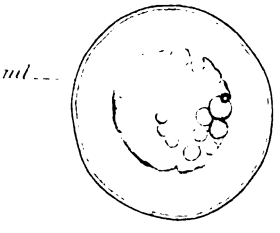


Fig. 13.

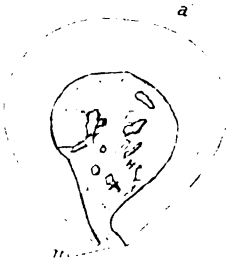


Fig 14.

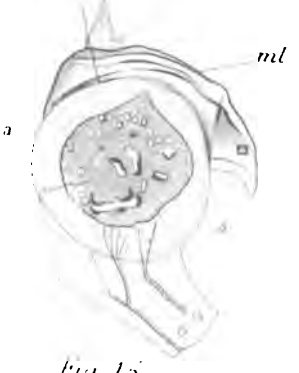


Fig. 15.

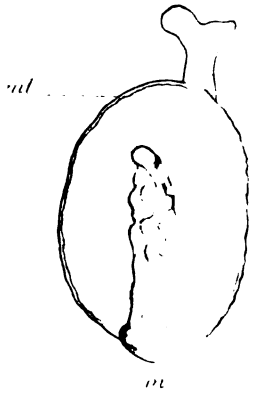


Fig. 16

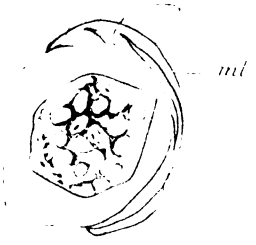


Fig. 17.

Fig. 18.

Fig. 19.

Fig. 1.

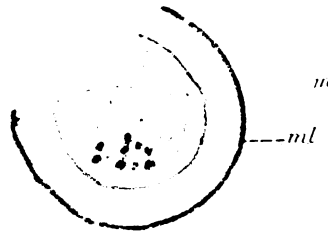


Fig. 2.

Fig. 3.

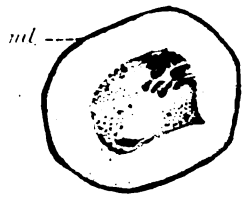


Fig. 4.

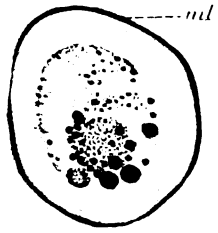


Fig. 5.

Fig. 6.

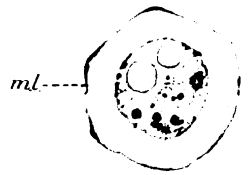


Fig. 7.

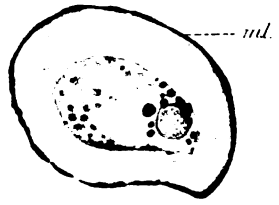


Fig. 8.

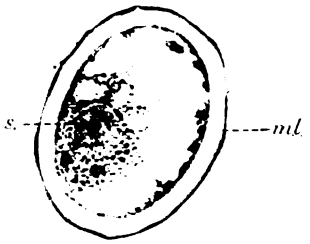


Fig. 9.

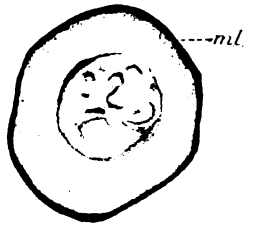


Fig. 10.

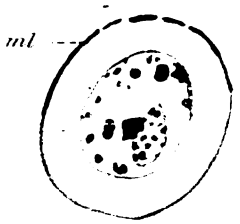


Fig. 11.

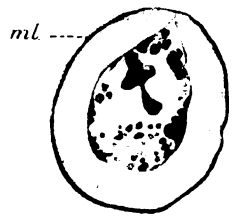


Fig. 12.

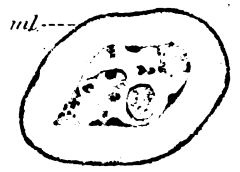


Fig. 13.

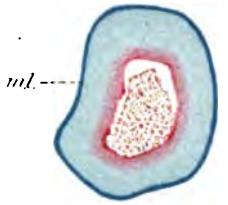


Fig. 14.

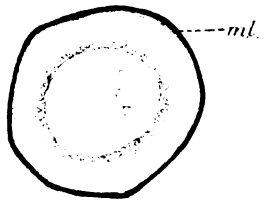


Fig. 15.

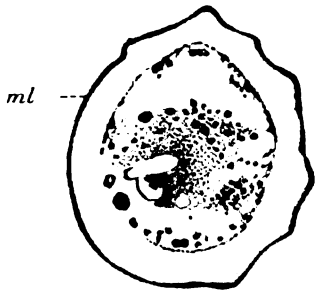


Fig. 16.

Fig. 17.

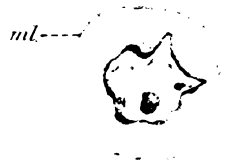


Fig. 18.

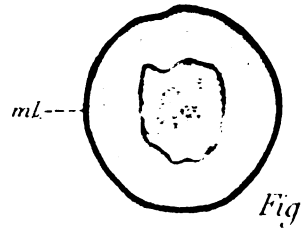


Fig. 19.

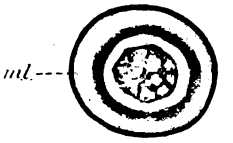


Fig. 22.

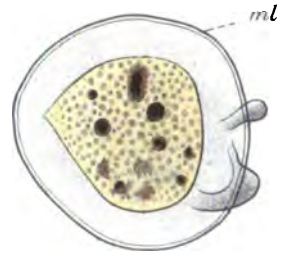


Fig. 23.

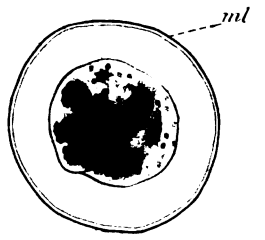


Fig. 24.

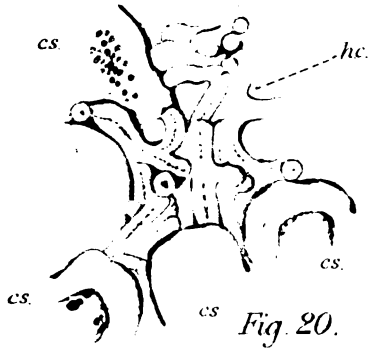


Fig. 20.

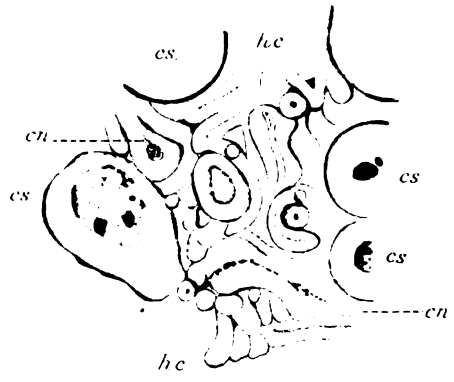


Fig. 21.

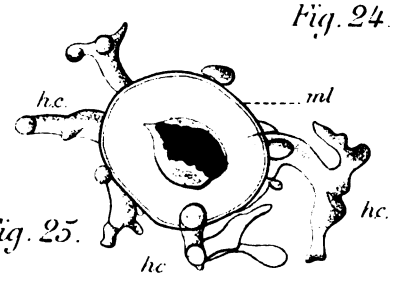


Fig. 25.

Chromolith J. LOPPART, Bruxelles

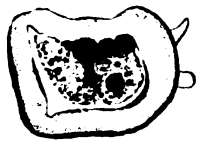


Fig. 1.

Fig. 2.

Fig. 3.

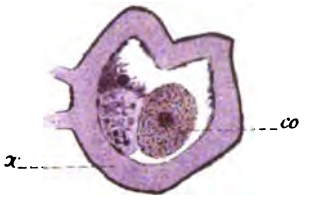


Fig 4.

Fig. 5.

Fig. 6.

Fig. 7.

Fig. 8.

Fig. 9.

Fig. 10.

Fig. 11.

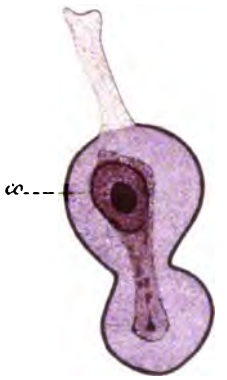


Fig. 12.

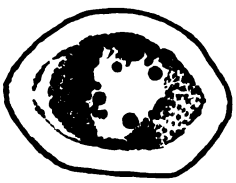


Fig. 13.

Fig. 14.

Fig. 15.

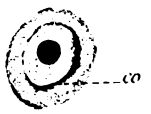


Fig. 19.

Fig. 16.

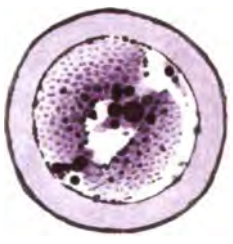


Fig. 17.

Fig. 18.

Fig. 20.

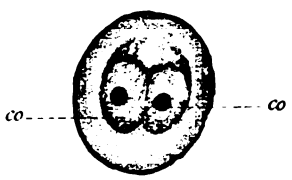


Fig. 21.

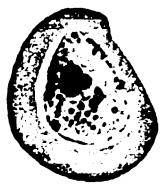


Fig. 22.

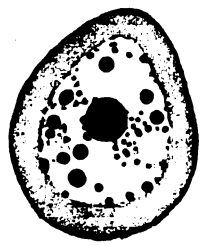


Fig. 23.

VI.

SUR

L'ÉVOLUTION NUCLÉAIRE ET LA SPORULATION

CHEZ

HYDNANGIUM CARNEUM WALLR.

PAR

C. VAN BAMBEKE

MEMBRE DE L'ACADÉMIE ROYALE DE BELGIQUE.

(Présenté à la Classe des sciences dans la séance du 4 juillet 1903.)

SUR

L'ÉVOLUTION NUCLÉAIRE ET LA SPORULATION

CHEZ

HYDNANGIUM CARNEUM WALLR.

HISTORIQUE.

Dans un mémoire paru en 1895, sur le rôle du noyau au cours du développement des Champignons, de Istvanffi consacre quelques lignes à *Hydnangium carneum*. D'après le savant professeur de l'Université de Budapest, seulement les dérivés du noyau secondaire pénètrent dans les jeunes spores. Grâce à l'exceptionnelle longueur des stérigmates filiformes, la migration des noyaux s'y observe facilement. Après la maturation des spores, un noyau persiste dans la baside et peut donner naissance à de nouvelles spores. L'auteur figure deux basides à deux stérigmates avec spores nucléées, chaque baside retenant encore son noyau-mère. Dans l'explication de la figure, il est dit : « Der Mutterkern bleibt in der Basidie zurück ». Il faut l'interpréter dans ce sens, que le noyau resté dans la baside résulte de la première division du noyau secondaire (noyau de fusion) resté indivis [1].

Six années après l'apparition du mémoire de de Istvanffi, W. Ruhland, dans un travail sur la caryogamie intracellulaire chez les Basidiomycètes,

[1] *Ueber die Rolle der Zellkerne bei der Entwickelung der Pilze.* (BERICHTE DER DEUTSCHEN BOTANISCHEN GESELLSCHAFT, Bd XII, 1895. — Voir p. 464, pl. XXXVII, fig. 49.)

s'occupe à son tour, et plus longuement que son prédécesseur, du Gastromycète en question. Voici les résultats auxquels il est arrivé : Les hyphes stériles ont leurs noyaux disposés par paires; les noyaux primaires sont toujours au nombre de deux; le noyau secondaire présente la structure typique; le fuseau de la première division est apical et transversal; il se forme régulièrement quatre noyaux-filles (noyaux des spores). Toutefois, l'auteur n'a jamais constaté, dans ses préparations, la présence de quatre spores; celles-ci sont constamment moins nombreuses; on en compte une ou deux seulement. Au moment de la migration, les quatre noyaux, très rapprochés entre eux, se réunissent au sommet de la baside; on distingue alors, à la base de cette dernière, une grande vacuole. Quand il existe deux stérigmates, deux noyaux pénètrent successivement à travers ceux-ci dans chaque grosse spore échinulée. Parfois cependant a lieu une distribution irrégulière, l'une des spores recevant trois noyaux, l'autre un noyau seulement. Dans le cas de spore unique, tous les noyaux y pénètrent l'un après l'autre; jamais un noyau ne reste dans la baside. On le voit, Ruhland ne partage pas l'opinion de de Istvanffi, d'après laquelle un noyau persiste dans la baside. Il dit en note : « Diese Angabe ist offenbar irrig, hervorgerufen » dadurch, dass allerdings die Sporen nicht so simultan hier gebildet » werden, wie z. B. bei den Agaricineen. Doch ist diese Ungleichmässig- » keit keineswegs bedeutend. Ist die eine Spore fertig, so sieht man zum » Mindesten schon eine weitere junge Sterigmalausstülpung. Uebrig » gebliebene Kerne in einigermassen entwickelten Basidien habe ich nie » bemerkt. » A l'intérieur des spores, les noyaux se comportent de façon remarquable : ils s'y multiplient notamment, et donnent ainsi naissance à deux, trois, quatre, cinq, et finalement, semble-t-il, à six noyaux. Tous sont situés à la paroi interne de la spore. Six figures aident à l'intelligence du texte. L'une d'elles représente une baside à deux stérigmates portant chacun une spore binucléée; la baside, dépourvue de noyau, renferme une grosse vacuole à sa base. Une autre figure reproduit le sommet d'une baside aussi à deux stérigmates avec chacun une spore, mais inégalement développées. La spore la plus avancée en développement contient déjà deux noyaux, et un troisième est engagé dans le stérigmate qui la supporte; un quatrième

noyau occupe la lumière du stérigmate qui porte la spore la moins développée, laquelle ne renferme pas encore de noyau. Enfin, une autre des six figures représente aussi un sommet de baside à un stérigmate seulement; la spore qui le surmonte possède six noyaux [1].

Plus récemment, L. Petri, à qui le travail de Ruhland a passé inaperçu, a publié un mémoire entièrement consacré à la formation des spores chez *Hydnangium carneum* [2]. Le travail débute par un exposé de l'état de nos connaissances sur la structure du noyau et sur la caryocinèse dans les basides des Gastromycètes. Suit un examen rapide des principales questions se rapportant aux phénomènes cytologiques qui se passent avant et pendant la formation des spores chez les Hyménomycètes, les Ustilaginés, etc.

Le matériel qui a servi aux recherches de l'auteur a été fixé en partie par une solution alcoolique de sublimé, en partie par le liquide de Kleinenberg, modifié par Némec. Ce dernier fixateur, qui permet une pénétration rapide et parfaite de la paraffine, a donné d'excellents résultats. Des différentes teintures employées, l'alun ferrique et l'hématoxyline suivant la méthode de Heidenhain a fourni la meilleure coloration.

A la fin de son mémoire, Petri résume, sous forme de conclusions, les résultats de ses recherches. Ces conclusions ont aussi paru dans une analyse en langue française du travail, faite par l'auteur et insérée dans le n° 4 du tome XCII, 1903, du *Botanisches Centralblatt.*

Nous reproduisons ici ces conclusions, en y ajoutant toutefois certains passages du mémoire, indispensables pour donner une idée complète des opinions soutenues par le savant italien.

1. — Les hyphes végétatives d'*Hydnangium carneum* ont un ou deux noyaux.

[1] *Zur Kenntniss der intracellularen Karyogamie bei den Basidiomyceten.* (BOTANISCHE ZEITUNG, 59. Jahrgang, 1901; erste Abtheilung. — Voir p. 198, pl. VII, fig. 25-30.)

[2] *La Formazione della spore nell'Hydnangium carneum* Wallr. (NUOVO GIORNALE BOTANICO ITALIANO [Nuova serie], vol. IX, n° 4, ottobre 1902.) Je saisis l'occasion qui m'est offerte pour remercier derechef M. L. Petri qui a eu l'extrême obligeance de me faire hommage d'un exemplaire de son travail.

2. — Les hyphes destinées à la formation des spores sont toujours binucléées.

3. — Les basides contiennent deux noyaux dès leur formation.

Dans les basides, les noyaux sont disposés tranversalement, rarement longitudinalement. Leur forme et leur structure varient. La baside où va se faire la fusion des noyaux présente des dimensions plus fortes que celles des basides moins avancées en développement; c'est surtout dans le sens de la longueur que se fait l'accroissement. En même temps, le protoplasma devient plus granuleux et plus colorable, et une grosse vacuole apparaît au-dessus des noyaux conjugués; puis ceux-ci augmentent de volume et, dans leur masse, se différencient un nucléole et un filament chromatique.

4. — La fusion entre les deux noyaux conjugués a lieu à l'*état de spirème.*

Au début de la fusion, chaque noyau perd complètement sa membrane propre. La fusion s'accomplit graduellement entre les filaments chromatiques et les nucléoles des noyaux conjugués. Les deux filaments finissent par en constituer un seul qui d'abord ne subit presque pas de modifications dans le noyau de fusion.

5. — Au moment de la fusion, un certain nombre de granules (*granulations directrices*) se séparent des deux noyaux et se portent au sommet de la baside.

Ces granulations, variables de forme et de nombre, sont très colorables. Dans certains cas, le cytoplasma montre une structure fibrillaire à direction longitudinale. Cela est sans doute en rapport avec le déplacement du noyau de fusion qui se meut, en effet, de la base vers le sommet de la baside.

L'auteur insiste longuement sur les *granulations directrices.* D'après lui, leur existence est constante dans toutes les basides où se fait la fusion. Dans plusieurs cas, on peut voir ces granulations se séparer du noyau de fusion et se porter vers le sommet de la baside. En présence des colorants, elles se comportent comme la chromatine. Elles ne représentent probablement

pas les corps vus par Wager et décrits par lui, comme centrosphères, mais elles correspondent parfaitement, au contraire, à la description qu'en fait Maire, qui les considère comme étant simplement des centrosomes.

Une fois la fusion complète, le noyau présente une structure en tout comparable à celle d'un noyau de plante supérieure au stade spirème. Ses dimensions sont alors quatre fois plus fortes que celles des noyaux conjugués primitifs. Le cytoplasma, riche en granulations, se colore toujours plus intensément; une grosse vacuole s'observe un peu au-dessus du noyau.

Le noyau de fusion perd rapidement sa membrane, et le filament chromatique se partage en cinq ou six fragments qui semblent, à l'auteur, représenter les chromosomes; ils se disposent longitudinalement, en convergeant vers les granulations directrices (Petri, fig. 14).

Arrivés dans le voisinage des granulations directrices, les chromosomes augmentent de volume et fixent plus énergiquement les colorants; dans certains cas, ils se montrent constitués de nombreux granules. Le nucléole devient moins distinct, les chromosomes se réunissent en une plaque nucléaire dont le plan passe par l'axe longitudinal de la baside; les granulations directrices se trouvent alors presque en contact avec le noyau en division. Par suite de la forte colorabilité du protoplasma ambiant, il est extrêmement difficile de définir exactement la figure nucléaire. D'après Petri, il ne se forme pas de vrai fuseau : « Un vero e proprio fuso non si forma ». Les grandes dimensions de la partie chromatique par rapport à la largeur de la cellule ne permettent pas le développement normal d'une figure achromatique. Toutefois, l'absence d'un fuseau nucléaire bien délimité serait due à une autre cause. En effet, d'après l'auteur,

6. — Le noyau de fusion subit deux divisions caryocinétiques simultanées.

Dans le stade qui suit la métaphase, les nombreux segments résultant de la division des chromosomes gagnent la périphérie de la baside et se rassemblent finalement en quatre groupes constituant les quatre noyaux-filles.

7. — Les quatre noyaux-filles sont reliés aux granulations directrices par des fibrilles de nature probablement nucléaire.

Les noyaux-filles passent à l'état de repos, en prenant l'aspect des noyaux primitifs de la baside ; ils sont plus grands, ont un contour irrégulier et se colorent presque uniformément ; il ne semble pas exister de vrai nucléole. Les noyaux restent dans le voisinage des granulations directrices ; celles-ci se rassemblent graduellement en deux groupes en contact avec la paroi de la baside, et marquent, dès lors, le point d'origine des stérigmates, et ensuite des spores.

Les faisceaux de fibrilles — faisceaux creux se comportant comme étant la continuation de la membrane nucléaire — qui relient les noyaux-filles aux granulations sont à peine colorables, mais toujours bien visibles, grâce à leur réfringence.

Les noyaux se portent à la partie inférieure de la baside et prennent une forme allongée, dans le sens longitudinal de la cellule.

8. — Les granulations directrices doivent être considérées comme des noyaux secondaires exclusivement végétatifs, destinés à la formation des stérigmates et de l'involucre des spores.

La portion terminale du stérigmate représente l'ébauche (le primordium) de la spore ; elle renferme des granulations directrices et une minime quantité de protoplasma ; sa membrane fixe énergiquement la fuchsine et la safranine.

9. — Une partie de la substance chromatique des quatre noyaux-filles émigre dans la spore par le moyen des fibrilles.

Cette émigration débute quand le diamètre de la spore a un peu dépassé celui du stérigmate. En réalité, ce n'est pas le noyau qui passe de la baside dans la spore, comme l'ont décrit les auteurs pour les autres Champignons examinés. Chez *Hydnangium*, les choses se passent comme suit : les noyaux, avant de passer dans les spores, se trouvent au stade repos, et sont constitués par de nombreux granules, de volume variable, de forme irrégulière et très colorables. La substance nucléaire se trouve ainsi partagée en un certain nombre de fragments, dont quelques-uns seulement pénètrent dans les spores à travers les fibrilles, les autres restant dans la baside. Le noyau

primitif de la spore ne doit pas être considéré comme un noyau normal ; il représente plutôt un ensemble de granules chromatiques. Les granulations directrices se fusionnent, à l'intérieur de la spore, avec les éléments nucléaires.

10. — Les noyaux définitifs de la spore mûre tirent leur origine de la division d'un pseudo-noyau constitué par un agrégat de granules chromatiques (chromosomes?), dérivés des quatre noyaux de la baside.

Quand les spores mûres se sont détachées des stérigmates, la baside renferme toujours les restes des quatre noyaux. Ceux-ci forment parfois une masse irrégulière, ou bien, séparés et distincts, ils présentent des signes évidents de dégénérescence ; leur substance est entièrement homogène. L'auteur n'a pu observer si, grâce à l'activité de ces noyaux, naissent d'autres spores sur une baside qui a déjà sporulé.

Comme il ressort des analyses qui précèdent, non seulement les résultats auxquels sont arrivés les trois auteurs ne concordent pas entre eux, mais encore certains phénomènes de l'évolution nucléaire chez *Hydnangium carneum* s'éloigneraient assez notablement de ce qui existe chez les autres Hyménomycètes.

Alors que Ruhland, confirmant en cela ce qui constitue la règle chez tous les Hyménomycètes observés, voit le noyau secondaire donner naissance à un fuseau typique apical et transversal, d'après Petri, il ne se forme pas de vrai fuseau nucléaire, et le noyau de fusion (noyau secondaire) subit deux divisions caryocinétiques simultanées.

A en juger par les descriptions et les figures de de Istvanffi et de Petri, ces deux auteurs considèrent comme seule existante la présence de deux stérigmates portant chacun une spore, tandis que, d'après Ruhland, la baside est munie typiquement de un ou de deux stérigmates, chaque stérigmate se terminant par une spore.

La destinée des quatre noyaux issus des divisions du noyau secondaire est aussi différemment comprise par les botanistes susdits. Pour Ruhland, ces noyaux pénètrent tous soit dans la spore unique, soit dans les deux spores,

sans que jamais un noyau persiste dans la baside; pour de Istvanffi, un des noyaux-filles provenant de la première division du noyau secondaire reste dans la baside et peut donner naissance à une nouvelle génération de spores; enfin, pour Petri, seulement des fragments des quatre noyaux définitifs arrivent dans les deux spores, le restant de ces noyaux se retrouvant dans la baside.

RECHERCHES PERSONNELLES.

Comme nous disposions d'une cinquantaine de coupes provenant de deux exemplaires d'*Hydnangium carneum* fixés au liquide de Flemming, les coupes ayant été colorées par la safranine [1], nous avons soumis ces dernières à un examen approfondi, dans le but de contrôler les observations de nos prédécesseurs. Ce sont les résultats fournis par cet examen qui font l'objet du présent travail.

Quoique simplement colorées par la safranine, les coupes nous ont donné, sur divers points surtout controversés, des images très démonstratives. Toutefois, comme nous le disions dans notre communication préliminaire, nous n'avons nullement la prétention d'avoir résolu tout le problème; plus d'une question s'y rattachant reste encore à élucider; nous croyons seulement avoir obtenu quelques données précises qui pourront aider à sa solution.

Cellules des parois des chambres et cellules du sub-hyménium.

Ruhland, le premier, a signalé la présence d'un syncaryon dans ces cellules; Petri la constate également, et il donne des noyaux conjugués une description très complète. Mes résultats confirment, presque en tous points, ceux du botaniste italien. Comme lui, je trouve, notamment dans les cellules des hyphes purement végétatives, des noyaux très petits, d'un diamètre variant

[1] Ces coupes ont été faites à mon laboratoire en 1892, par mon excellent collègue, M. le professeur C. De Bruyne, mon assistant, à cette époque, en vue de l'étude des hyphes vasculaires.

de $^1/_2$ à 1-2 μ, et généralement sphériques. Les plus petits parmi ces noyaux se présentent sous l'aspect de granules chromatiques homogènes (fig. 1, pl. I). Je puis confirmer également ce que dit Petri des noyaux conjugués de certaines hyphes subhyméniales, devenus plus volumineux et plus ou moins riches en granulations chromatiques; ces granulations, que leur coloration par la safranine permet de considérer comme nucléoles nucléiniens ou caryosomes, sont souvent, ainsi que l'a vu Petri, disposés le long des parois du noyau auquel, d'après lui, ils communiquent, dans certains cas, une forme triangulaire. En réalité, c'est plutôt le reste de la masse nucléaire qui présente parfois cette forme, les caryosomes occupant en général les angles du triangle (pl. I, fig. 5 et 6). D'autres noyaux, mais beaucoup plus rares d'après le savant italien, possèdent une vraie charpente et un nucléole unique. Le syncaryon que reproduit notre figure 7, planche I, et qui se compose de deux noyaux sphériques avec charpente chromatique et nucléole, correspond à la forme décrite par Petri.

Il avoue que, malgré beaucoup de recherches, il lui a été impossible de voir nettement une caryomitose de noyaux conjugués. Notre figure 8, planche I, montre un des noyaux d'un syncaryon à la fin de la prophase. On y distingue un fuseau, mais sans centrosomes, et deux chromosomes formant plaque équatoriale. Dans l'autre figure, beaucoup moins nette, on reconnaît les deux chromosomes en rapport avec une moitié de fuseau vaguement indiquée.

Je signalerai, en passant, la présence assez fréquente d'épaississements hémisphériques basophiles sur les cloisons transversales des cellules (pl. I, fig. 10-12). J'ai été frappé de ce fait que, très généralement, l'un des épaississements est plus épais que son congénère.

BASIDES.

Dans nos préparations de carpophores d'*Hydnangium carneum*, on reconnaît manifestement la présence de basides appartenant à deux générations distinctes. Celles d'une première génération, de loin les plus nombreuses, ont donné naissance à des spores, les unes encore fixées aux stérig-

mates, les autres détachées de leur support, mais toutes arrivées à maturité. Ces basides, de forme variable, sont flétries, dépourvues de noyaux, et renferment des granules, des filaments et des grumeaux fortement safraninophiles, mais qui paraissent être des produits de déchet cellulaire (pl. I, fig. 13, 14); dans quelques-unes, on trouve aussi, en quantité variable, du deutoplasma graisseux.

Les basides de la seconde génération, moins nombreuses, se trouvent à tous les stades de développement. Seules, à l'exception de ce qui concerne les spores mûres, elles devront nous occuper dans la suite de ce travail.

Forme et dimensions. — Avant l'apparition des stérigmates dont la présence modifie plus ou moins la forme des basides, celles-ci sont en général cylindriques ou claviformes, à sommet arrondi. A certaines phases de l'évolution des noyaux de la baside, ces derniers donnent à son extrémité antérieure renflée un aspect caractéristique sur lequel nous revenons plus loin. Souvent, en se développant, la baside exerce une traction sur la cellule sous-jacente, qui forme alors, à son extrémité inférieure, un appendice de longueur et d'épaisseur variables (pl. II, fig. 40, 45; pl. III, fig. 13).

D'après Petri, les basides où va se faire la fusion nucléaire ont des dimensions plus fortes que celles moins avancées en développement, et c'est surtout en longueur que se fait l'accroissement. Il nous a paru qu'il n'existe guère de rapport constant entre l'âge des basides et leurs dimensions. Ainsi, la baside reproduite planche II, figure 11, et qui renferme déjà ses quatre noyaux définitifs, a des dimensions petites comparées, par exemple, à celles de basides où les noyaux primaires ne sont pas encore fusionnés (pl. I, fig. 16, 17).

Structure. — La baside est délimitée par une *membrane* homogène, sans structure apparente, et dont nous n'avons pu étudier la composition chimique. Elle ne se colore pas par la safranine, si ce n'est, dans certains cas, au sommet de la baside, alors qu'à ce niveau le cytoplasma renferme des éléments ou une substance safraninophiles (pl. I, fig. 28, 42; pl. II, fig. 33.) Ceci, nous le verrons, est en rapport avec le développement des stérigmates.

Le *cytoplasma*, parfois plus ou moins homogène ou réticulaire, présente

en général une structure nettement spumeuse, alvéolaire (voir plusieurs de nos figures). Nous croyons qu'il faut considérer les vacuoles plus grandes, que souvent il renferme, comme résultant de la fusion d'un certain nombre d'alvéoles. D'après Ruhland, une grande vacuole apparaît, à la partie inférieure de la baside, au moment où les quatre noyaux définitifs migrent vers le sommet de cette dernière, et il figure une baside à deux stérigmates terminés chacun par une spore dans lesquels ont pénétré les noyaux, où se voit une semblable vacuole (Ruhland, fig. 26). D'après Petri, la grosse vacuole basale se montre après la fusion des noyaux primaires (Petri, fig. 12). C'est ce que nous avons pu constater également. Sans être constante, cette vacuole fait rarement défaut (pl. I, fig. 21, 24, 26, 31, 39, 44; pl. II, fig. 2, 4, 13, 34, 41). La présence d'une vacuole basale a d'ailleurs été observée chez un grand nombre de Basidiomycètes. Il sera question, à la fin de ce travail, des matières grasses que fréquemment le cytoplasma élabore.

Noyaux. — Les noyaux du syncaryon de la baside ne tardent pas à présenter des dimensions relativement considérables comparées à celles des noyaux des syncaryons d'hyphes végétatives. Je les rencontre d'abord avec des caractères et sous un aspect qui rappellent ceux des noyaux conjugués représentés par Petri dans sa figure 6 (voir notre figure 15, planche I). Ce sont des noyaux de forme plus ou moins ovalaire, formés d'une petite masse d'apparence homogène et d'un nucléole qui fixe plus énergiquement la safranine que cette dernière. Seulement, alors que dans les noyaux figurés par Petri, les nucléoles occupent l'extrémité de la masse homogène regardant le sommet de la baside, sur nos préparations, ils siégent à l'extrémité opposée de cette masse. Sous ce rapport, ils rappellent les noyaux-filles issus de la première division du noyau secondaire, décrits et figurés par Maire chez *Godfrinia conica* [1].

Dans les syncaryons des deux basides reproduites figures 16 et 17, la masse homogène a fait place à des éléments figurés : granules chromatiques ou chromomères disposés sur le trajet d'un filament de linine imprégné de

[1] R. MAIRE, *Recherches cytologiques et taxonomiques sur les Basidiomycètes*, 1902. — Voir p. 121, pl. VII, fig. 3.

chromatine. Sur la figure 16, on distingue bien la cavité nucléaire délimitée par une membrane qui me semble mériter le nom de membrane cellulaire interne.

Le siège des noyaux du syncaryon de la baside varie. Comme le dit Petri, leur disposition est transversale, rarement longitudinale. Nous les trouvons toujours plus rapprochés du sommet de la baside que de sa base.

La fusion des noyaux du syncaryon, conformément à la description donnée par le botaniste italien, débute par la disparition de la membrane; puis les filaments des deux noyaux s'unissent entre eux. Sur la figure 18, reproduisant la partie supérieure d'une baside, on distingue le début de cette union, et, correspondant à chacun des filaments, un nucléole vacuolé. Petri admet aussi la fusion des nucléoles. Je n'ai pas vu cette fusion; j'ignore, par conséquent, si le nucléole unique du noyau secondaire lui doit son origine, ou bien s'il représente une formation nouvelle.

Nous savons que, d'après Petri, un certain nombre de granules chromatiques se séparent des noyaux primaires au moment de la fusion, et se portent au sommet de la baside; nous savons aussi quels seraient, pour ce savant, la signification et le rôle de ces granules auxquels il donne le nom de *granulations directrices*. Les granules chromatiques visibles sur notre figure 18 correspondent sans doute à ceux décrits et figurés par Petri; seulement, nous n'avons pu constater, à l'exemple de l'observateur italien, leur existence constante dans toutes les basides où se fait la fusion. Les nombreux granules non safraninophiles qui occupent le sommet de la baside représentée figure 19, où la fusion est encore incomplète, et ceux du sommet de la baside possédant déjà son noyau secondaire (fig. 32) ne correspondent pas aux granulations directrices de Petri; ce sont des éléments deutoplasmiques de nature graisseuse élaborés par le cytoplasma.

Après la fusion complète des noyaux primaires, le noyau secondaire, relativement volumineux, sphérique ou ovalaire, revêt divers aspects dont il n'est pas facile de déterminer exactement la succession. Je considère comme représentant un premier état celui du noyau de la baside reproduite figure 31, planche I. C'est un noyau dit au repos : le contenu de la cavité nucléaire délimitée par une mince membrane achromatique consiste, indé-

pendamment du caryohyaloplasma resté incolore, en un réticulum très délié de linine imbibée de chromatine, renfermant, notamment au niveau des nœuds, de fins granules chromatiques, et en un nucléole avec une minime vacuole centrale. Cette phase est comparable à celle observée par Maire chez *Nidularia globosa* Ehr., où, après le fusionnement des noyaux primaires, le noyau secondaire « organise ses karyosomes en un réticulum où » les angles des mailles sont occupés par des renflements chromatiques[1] ».

A cette phase *réticulum* succède la phase *spirème*, celle-là signalée par Petri, et caractérisée par la présence d'un filament chromatique unique, pelotonné, en continuité ou tout au moins en contact, à une de ses extrémités, avec un nucléole (pl. I, fig. 22, 25, 26, 27, 29).

Une autre phase se caractérise par l'accumulation de la chromatine (filament et chromomères) à un côté de la surface interne de la paroi nucléaire ; c'est une phase correspondant à celle connue, depuis Moore (1895), sous le nom de *synapsis* (pl. I, fig. 23, 24).

Dans un stade ultérieur, le filament chromatique se fragmente : c'est le *spirème segmenté* (pl. I, fig. 21). Ce stade correspond à celui décrit et figuré par Petri (sa fig. 14), mais je n'ai pas vu, comme ce botaniste, la disposition longitudinale des segments et leur convergence vers des granulations directrices.

On rencontre aussi des noyaux secondaires où les filaments chromatiques ont fait place à des granulations chromatiques de nombre variable (pl. I, fig. 32). Le noyau de la baside rendue figure 20, planche I, semble établir la transition entre le spirème segmenté et la disposition susdite. Au début de la prophase de la première division du noyau secondaire, ces granulations se trouvent disposées sur le fuseau. D'après Maire, elles ont été prises à tort pour les chromosomes définitifs ; nous les désignerons, avec lui, sous le nom de *protochromosomes*[2]. Ce que nous rencontrons chez *Hydnangium carneum*

[1] *Loc. cit.*, p. 179.

[2] *Loc. cit.*, voir notamment p. 183. — Depuis que la Classe a voté l'impression de notre mémoire, nous avons pu prendre connaissance d'un travail de L. Petri, paru dans le courant du mois de juillet de cette année, et intitulé : *La formazione delle spore in Naucoria nana n. sp.* L'auteur y considère les protochromosomes de Maire comme représentant les chromosomes vrais.

se rapproche surtout des formations décrites et figurées, par le savant botaniste français, chez *Guepinia rufa* (Maire, pl. I, fig. 2), *Cantharellus cinereus* (pl. III, fig. 5), *Hygrophorus agathosmus* (pl. IV, fig. 5). Il les signale aussi chez des Gastromycètes : *Lycoperdon excipuliforme* Scop. [1] et *Nidularia globosa* Ehr. [2]. Petri avait sans doute sous les yeux les protochromosomes lorsque, à propos de la première division du noyau secondaire, parlant des chromosomes arrivés dans le voisinage des granulations directrices, il dit : « si mostrano in qualche caso costituiti da tanti granuli » [3].

Première caryomitose du noyau secondaire. — Sur notre figure 33, planche I, on voit le début de la prophase. Au sommet de la baside, la figure caryocinétique ébauchée se compose d'un amas de protochromosomes et de deux centrosomes situés à deux pôles opposés de cet amas, auquel ils sont reliés par des filaments fusoriaux encore peu distincts. Cette phase de la première division du noyau secondaire d'*Hydnangium carneum* est comparable à celle observée, par Maire, chez *Hygrophorus agathosmus* (pl. IV, fig. 6). D'après ce botaniste « le nucléole est souvent relié pendant la pro- » phase à l'un des centrosomes par un filament très fin, ce qui semble » indiquer pour ces corps une origine nucléolaire » [4]. Sous se rapport, notre figure 13bis, planche III, présente avec la figure 26, planche V de Maire, qui reproduit une première division chez *Hypholoma appendiculatum*, une ressemblance frappante, avec cette différence toutefois que, sur notre figure, le granule uni par un filament à l'un des centrosomes est plus petit que ce dernier, contrairement à ce que constate le savant français ; on peut se demander par conséquent si, chez notre espèce, le granule correspond bien à un nucléole. Peu à peu, le fuseau se dessine plus clairement, et les protochromosomes refoulés vers l'équateur (pl. I, fig. 34, 35) sont remplacés, à la fin de la prophase, par les chromosomes définitifs. A ce moment, la figure mitosique très nette, apicale et transversale (pl. I, fig. 36), par exception

[1] *Loc. cit.*, p. 175.
[2] *Loc. cit.*, p. 179.
[3] *Loc. cit.*, p. 10.
[4] *Loc. cit.*, p. 183.

légèrement oblique (pl. I, fig. 37, 38), comprend les deux chromosomes situés dans le plan équatorial et auxquels aboutissent, de chaque côté, deux filaments du fuseau qui possède un centrosome à chacun de ses pôles. Par exception, j'ai rencontré des indices d'irradiations polaires (pl. I, fig. 37). La figure de division occupe souvent un espace clair plus ou moins net. La figure 36, planche I, est en tout comparable, sous ce rapport, à celles observées par Maire chez un grand nombre de Basidiomycètes.

Quand on compare la masse chromatique représentée par les deux chromosomes à celle du noyau secondaire avant la formation de la figure mitosique, on est frappé par la disproportion qui les sépare. Cette disproportion n'a pas échappé à Ruhland; il dit, en effet : « Die spärliche, bei der ersten » Karyokinese auftretende Chromatinmenge steht in keinerlei Verhältniss » zu dem Chromatinreichthum des ruhenden secundären Basidienkernes », et il en conclut qu'il pourrait s'agir d'une forme de réduction chromatique non encore observée jusqu'alors [1]. Quoi qu'il en soit de cette interprétation, je ferai remarquer qu'avec la formation de la première figure mitosique coïncide assez souvent l'apparition, au sommet de la baside, d'une zone plus ou moins nettement différenciée, qui montre une certaine affinité pour la safranine (pl. I, fig. 34; pl. III, fig. 13bis). Cette zone se retrouve encore, après que la première division est achevée (pl. I, fig. 41, 42). On pourrait donc admettre que, pendant la formation de la première figure caryomitosique, une certaine quantité de chromatine passe dans le cytoplasma.

Je n'ai pas rencontré, dans les préparations dont je disposais, de phases montrant le début de la métaphase, de sorte que je ne puis affirmer si elle se fait par division longitudinale incomplète suivie d'étirement, mode souvent observé par Maire, ou bien par simple étirement. Sur notre figure 39, planche I, les deux noyaux-filles, à un stade encore peu avancé de l'anaphase, sont réunis par un pont chromatique qui paraît résulter de l'étirement des chromosomes. Par contre, vers la fin de l'anaphase, les noyaux-filles sont souvent reliés entre eux par un fin filament achromatique qui semble plutôt représenter un reste du fuseau (pl. I, fig. 40, 41). Ce filament

[1] *Loc. cit.*, note à la page 202.

connectif ne tarde pas à disparaître. Il faut l'assimiler à celui décrit et figuré par Maire chez plusieurs espèces.

Les chromosomes des noyaux-filles, groupés à chaque pôle deux par deux, se réunissent ensuite en une masse homogène ; d'abord petite, elle augmente rapidement de volume (pl. I, fig. 42-45); elle est sphérique et très colorable par la safranine ; on y distingue parfois quelques granulations plus foncées, mais pas encore de vrais nucléoles ; une zone claire la sépare généralement du cytoplasma ambiant. On peut comparer cette phase de développement à celle décrite et figurée par Wager chez *Stropharia stercoraria*. Pour ce savant, la masse chromatique qu'entoure l'espace clair ne représente pas l'ensemble des éléments figurés du noyau, mais seulement le nucléole [1]. C'est le contraire chez notre espèce, où la masse représente les éléments figurés et dans laquelle le nucléole n'est pas encore distinct.

A cette phase du développement, l'extrémité libre alors souvent dilatée de la baside, avec ses deux noyaux-filles sphériques symétriquement placés et fortement colorés par la safranine, vue de face, rappelle en miniature certains bijoux représentant une tête de serpent où des rubis figurent les yeux.

La baside reproduite figure 46, planche I, appartient à un stade plus avancé. Elle ne renferme encore que deux noyaux, mais qui diffèrent de ceux dont il vient d'être question. Indépendamment de ce que leur groupement par rapport à l'axe de la baside est longitudinal au lieu de transversal, ils rappellent, par leurs caractères, les noyaux primaires de certaines jeunes basides, c'est-à-dire qu'ils ont une forme plus ou moins ovalaire et qu'on y distingue, à côté d'une masse peu chromatique, d'apparence homogène, un nucléole plus chromophile, situé à l'un des pôles de la masse. Ces noyaux, mieux encore que les noyaux primaires de certaines basides, peuvent être rapprochés de ceux observés par Maire chez *Godfrinia conica*, à un stade sensiblement correspondant (Maire, pl. VII, fig. 3). Notre baside montre en même temps la première ébauche d'un stérigmate. Nous y reviendrons dans la suite.

[1] Harold Wager, *On Nuclear Division in the Hymenomycetes*. (Annals of Botany, vol. VII, n° XXVIII. December 1893. — Voir pp. 502-503, fig. 17.)

Les deux noyaux-filles nés de la première division du noyau secondaire sont, par conséquent, bien distincts et occupent seuls la baside avant de se diviser à leur tour. *Le noyau secondaire ne subit donc pas, comme le veut Petri, deux divisions caryocinétiques simultanées.*

Division des noyaux-filles. — Elle est indirecte comme la première et en général synergique, de sorte qu'on peut la désigner sous le nom de mitose conjuguée ou de caryocinèse conjuguée.

La figure 1, planche II, fournit un exemple du début de la seconde division. On n'y distingue pas encore les filaments du fuseau, mais des centrosomes situés à deux pôles opposés de chaque amas nucléaire; dans ces amas de forme sphérique, on reconnaît assez bien deux chromosomes. Les noyaux occupent, au sommet de la baside, la zone un peu plus colorable dont nous avons parlé.

Les figures nucléaires reproduites planche II, figure 2, sont d'une interprétation plus difficile. Des éléments chromatiques sous forme de granules sont groupés en deux amas fortement écartés l'un de l'autre; un de ces amas, celui de droite, est en rapport avec un demi-fuseau dont le centrosome se trouve relié, par un fin filament achromatique, à son congénère. Sommes-nous en présence d'une anaphase de la première division, ou bien d'un état qui prélude à la genèse de la seconde figure mitosique? Sans vouloir trancher la question, je ferai remarquer que cette phase n'est pas sans rappeler, avec certaines différences toutefois, la disposition décrite par Maire chez *Mycena galericulata*, disposition où, par suite de l'écartement des amas d'éléments chromatiques, l'aspect rappelle celui d'une anaphase [1].

Les deux figures de division arrivées à la fin de la prophase, se présentent avec les caractères de celle de la première division (pl. II, fig. 3, 4) : fuseau montrant deux filaments principaux (voir surtout fig. 4) et un centrosome à chaque pôle; deux chromosomes formant d'emblée la plaque équatoriale, les protochromosomes faisant défaut. De même aussi que la figure de la première mitose, celles de la seconde sont en général transver-

[1] *Loc. cit.*, p. 142, pl. V, fig. 6-8.

sales et, par suite, parallèles entre elles; enfin, tout comme celle de la première, elles occupent souvent une zone plus colorable que le reste du cytoplasma de la baside.

La figure 5, planche II, prouve que la division des noyaux-filles n'est pas toujours synchronique; on voit, en effet, sur cette figure que la division d'un des noyaux est achevée, l'autre noyau se trouvant seulement à la fin de la prophase. Dans la baside représentée figure 8, planche II, deux des noyaux provenant de la seconde mitose sont encore réunis par un pont intermédiaire qui n'existe plus entre les deux autres.

Ici, pas plus que pour la première division, nous ne sommes en mesure de pouvoir fournir des renseignements touchant la métaphase. Pendant l'anaphase, les noyaux de chaque figure caryocinétique sont unis entre eux, d'abord par un filament assez épais et chromatique (pl. II, fig. 7, 32) qui, à mesure de l'écartement des noyaux, devient de plus en plus délié et achromatique (pl. II, fig. 6), puis finit par disparaître.

Au moment de leur genèse, les noyaux définitifs, d'abord petits (pl. II, fig. 6), augmentent ensuite de volume et atteignent parfois des dimensions relativement considérables (pl. II, fig. 11). Formés à l'origine par un amas de granules chromatiques bientôt remplacé par une masse confluente, ils paraissent homogènes, sont plus ou moins régulièrement sphériques et très safraninophiles (pl. II, fig. 8, 9, 10, 16, 19, 31). Rarement des noyaux s'écartent du type précédent par la présence d'une vacuole centrale (pl. II, fig. 12) ou d'une granulation centrale non safraninophile (pl. II, fig. 18).

Il est une autre forme nucléaire qui correspond à un stade plus avancé de développement (pl. II, fig. 24, 34, 39). Elle est constituée par une masse plus ou moins ovalaire ou triangulaire, homogène, faiblement safraninophile, et par un, plus rarement par deux ou trois granules qui fixent davantage le colorant. Quand le granule est unique, ce qui constitue la règle, il siège à un des angles ou à un des pôles de la masse, et peut être considéré comme ayant la valeur d'un nucléole. Ces noyaux définitifs revêtent donc des caractères identiques à ceux de certains noyaux-filles (pl. I, fig. 46) et de certains noyaux primaires de jeunes basides (pl. I, fig. 15). Nous avons comparé ces noyaux à ceux trouvés par Maire dans les basides de *Godfrinia*

conica. Or, cet auteur les retrouve aussi comme noyaux définitifs de cette espèce [1].

A rapprocher de la forme que nous venons de décrire celle des noyaux de la baside reproduite planche II, figure 21. Ces noyaux ressemblent à ceux de certains syncarions de cellules d'hyphes sous-hyméniales (voir pl. I, fig. 5 et 6).

Alors que les figures mitosiques de la seconde division sont transversales ou légèrement obliques et apicales, les noyaux issus de cette division, tout en étant généralement disposés par paires, affectent des arrangements très variés, et sont plus ou moins éloignés du sommet de la baside (voir plusieurs figures de la planche II), preuve que ces noyaux ne gardent pas leur position première. Wager attire l'attention sur le déplacement des noyaux définitifs chez *Stropharia stercoraria.* Il constate qu'à un moment donné « the four nuclei begin to move towards the base of the basidium, and at » the same time the sterigmata begin to form four small projections near » the apex » [2]. C'est aussi à cette époque qu'on voit poindre, chez *Hydnangium carneum,* les ébauches des stérigmates (voir notamment les figures 24, 26, 28, 34, 35 de la planche II).

Comme les noyaux sont fréquemment situés dans des plans différents, ce n'est qu'en changeant la distance focale qu'on s'assure que le nombre est complet. Il est toutefois des basides qui ne renferment que trois noyaux (pl. II, fig. 21, 36). Ainsi que le remarque Ruhland, mais non en visant ce qui se passe chez *Hydnangium,* cela peut s'expliquer par la non-division d'un des noyaux-filles résultant de la première caryomitose du noyau secondaire [3]. Parlant de l'évolution de la baside chez *Cantharellus cinereus* Pers., « il peut arriver, dit Maire, que la première division seule ait lieu, que la » seconde affecte seulement un des noyaux-fils » [4]. D'après Ruhland, le noyau resté indivis se distingue, au début, par son volume plus grand; mais plus tard, à la suite d'une condensation plus forte que celle éprouvée

[1] *Loc. cit.*, pl. VII, fig. 6.
[2] *Loc. cit.*, p. 508, fig. 25-27.
[3] *Loc. cit.*, p. 196.
[4] *Loc. cit.*, p. 92.

par les autres noyaux, il acquiert sensiblement les mêmes dimensions que ces derniers. La figure 36, planche II, montre une baside à trois noyaux dont l'inférieur est un peu plus volumineux que les deux autres. Il arrive aussi, mais plus rarement, qu'au lieu de quatre ou trois noyaux, on en compte six (pl. II, fig. 22, 23). Cela s'explique en admettant une nouvelle division de deux des noyaux petites-filles nés de la seconde mitose. Nous n'avons pas rencontré, dans les basides d'*Hydnangium carneum*, un nombre de noyaux supérieur à six.

Avant de poursuivre la destinée ultérieure des noyaux définitifs, il importe de s'arrêter à la genèse des stérigmates et des spores.

Genèse des stérigmates et des spores.

Genèse des stérigmates. — Nous avons pu suivre, sur nos préparations, l'évolution des stérigmates depuis son début jusqu'à son achèvement.

Typiquement, il se forme un ou deux stérigmates; par exception, la baside donne naissance à trois stérigmates (pl. III, fig. 13). L'apparition de l'ébauche stérigmatique coïncide avec celle des quatre noyaux définitifs; rarement un stérigmate s'ébauche au sommet d'une baside ne renfermant encore que les deux noyaux-filles provenant de la première division du noyau secondaire (pl. I, fig. 46).

A un certain stade, d'après Petri, ses granulations directrices se disposent en deux groupes en contact avec la paroi de la baside et marquent, dès lors, les points d'origine des stérigmates. Nous n'avons pas rencontré cette disposition qui suppose d'ailleurs l'existence constante de deux stérigmates; mais nous croyons que la substance ou les éléments safraninophiles qui, dès la formation de la première figure mitosique, constituent souvent une zone spéciale au sommet de la baside, et qui sont distincts, on l'a vu, des granulations directrices de Petri, interviennent, pour une part, dans la genèse des stérigmates. On constate, en effet, l'existence fréquente d'une coloration par la safranine des ébauches stérigmatiques, coloration tantôt diffuse, tantôt le résultat de la présence de granules safraninophiles (pl. II, fig. 25, 28, 31, 33, 35, 38, 39, 40). Or, il existe incontestablement une relation entre

cette coloration et celle si souvent présente, au sommet de la baside, avant l'apparition des stérigmates.

Nous pouvons admettre, avec Petri, que les stérigmates naissent aux dépens d'une évagination de la membrane de la baside. Dans beaucoup de cas, on trouve, au sommet de cette dernière, une zone compacte, sorte de *calotte apicale*, non safraninophile, bien distincte, par son aspect, de la zone plus ou moins safraninophile, caractéristique de certaines basides encore dépourvues d'ébauches stérigmatiques. Cette calotte apicale se confond insensiblement, par ses bords, avec la membrane de la baside (pl. I, fig. 46; pl. II, fig. 25, 26, 29. 34).

La toute première ébauche des stérigmates consiste soit en un petit mamelon apical et médian (pl. I, fig. 46; pl. II, fig. 24, 25, 26), soit en deux petits mamelons à situation apicale et généralement symétrique (pl. II, fig. 20, 29, 30, 31, 34). Ces mamelons ne tardent pas à se transformer en des prolongements de forme conique.

En même temps que la coloration safraninophile dont nous avons parlé plus haut, ou bien en son absence, les stérigmates naissants renferment fréquemment un ou deux corpuscules ponctiformes, non safraninophiles, situés à leur sommet ou très près de ce sommet. Ils se présentent avec les caractères de centrosomes, et nous les considérons comme tels (pl. I, fig. 46; pl. II, fig, 26, 27, 29, 40). Les corpuscules groupés par paires sont toujours plus petits que le corpuscule encore isolé; cela permet de supposer qu'ils proviennent de la division d'un corpuscule d'abord unique.

Ce que nous trouvons chez *Hydnangium carneum* est conforme aux résultats obtenus, par Maire, chez les Basidiomycètes. Dans la synthèse de ses résultats, il dit, en effet : « Après la formation des noyaux-fils définitifs » dans la baside, ceux-ci se massent le plus souvent à la base ou au milieu » de la cellule, tandis que les centrosomes restent au sommet si les mitoses » étaient apicales, s'y rendent dans le cas contraire. *En face de chaque* » *centrosome apparaît l'ébauche d'un stérigmate* [1]. »

Lorsque la baside produit deux stérigmates, ceux-ci se développent, en

[1] *Loc. cit.*, p. 185.

général, synchroniquement; toutefois, dans certains cas, le développement est inégal (pl. II, fig. 31, 42). Certains stérigmates s'éloignent, par leur forme ou leur direction, de la forme typique (pl. II, fig. 32). Peut-on donner le nom de stérigmate au tube long, épais et incurvé qui part du sommet de la baside reproduite planche II, figure 49? A travers le deutoplasma huileux coloré par l'osmium, on y distingue deux noyaux. Il rappelle, par sa forme, le tube de germination des basides de *Vuilleminia comedens*, décrit et figuré par Maire [1].

Genèse des spores. — Nous avons vu que, d'après Petri, ses granulations directrices ne président pas seulement à l'évolution des stérigmates, mais aussi à celles des spores ou plutôt de leur involucre. Pendant un certain temps ces granulations, au nombre de quatre et qui correspondent aux quatre noyaux dérivés du noyau de fusion, constituent l'unique contenu de la spore. Tout en reconnaissant l'intervention d'éléments safraninophiles dans le développement des spores, nous ne pouvons les assimiler aux granulations directrices du botaniste italien; mais nous pouvons dire avec lui : « La porzione terminale dello sterigma rappresenta il primordio della spora [2] ». En effet, à une certaine phase de l'évolution, le sommet du stérigmate avec les éléments safraninophiles et les centrosomes qu'il renferme, représente déjà virtuellement la spore.

D'après Maire, « l'ébauche stérigmatique et la spore se développent rapidement, le centrosome reste rarement visible, mais quelquefois on le voit pénétrer dans la spore et on l'y retrouve paraissant bien le centre d'attraction vers lequel se meuvent cytoplasma et noyaux (*Cantharellus cinereus*) [3] ». On constate souvent la présence dans la jeune spore d'un ou de deux corpuscules non colorés par la safranine (pl. II, fig. 42, 44). Il nous semble rationnel d'admettre qu'ils correspondent aux corpuscules ponctiformes si fréquents au sommet de l'ébauche stérigmatique, et qui ont subi, depuis lors, un certain accroissement. Ils auraient donc la valeur de centrosomes, peut-être de centrosphères.

[1] *Loc. cit.*, p. 82, pl. II, fig. 5.
[2] *Loc. cit.*, p. 12.
[3] *Loc. cit.*, p. 185.

A partir de l'ébauche de chaque stérigmate, « *se produit*, dit Maire, *une* » *différenciation kinoplasmique qui se propage jusqu'aux noyaux* et même » quelquefois plus loin vers la base de la cellule... Les noyaux sont mani- » festement *attirés et entraînés par les cordons kinoplasmiques vers les* » *stérigmates*[1] ». Comme cela ressort de la septième conclusion de Petri, chez *Hydnangium carneum*, les quatre noyaux-filles sont reliés aux granulations directrices par des fibrilles; seulement, pour le savant observateur italien, ces fibrilles sont probablement de nature nucléaire; de plus, les éléments nucléaires migrent, non à leur surface, mais à l'intérieur de faisceaux de fibrilles, qui se comportent comme étant la continuation de la membrane des noyaux. Ces faisceaux de fibrilles, quoique à peine colorables, sont toujours bien apparents, grâce à leur réfringence[2].

Très rarement nous avons rencontré des formations comparables à des filaments cinoplasmiques ou fibrilles de Petri (pl. III, fig. 11), car nous hésitons à comparer à ces dernières les travées safraninophiles qui, dans la baside reproduite planche II, figure 47, sont intercalées entre les noyaux et les jeunes spores. L'absence de ces filaments chez *Hydnangium carneum* ne serait pas un fait isolé dans le groupe des Gastromycètes, puisque Maire n'a pu observer la différenciation cinoplasmique qui accompagne d'ordinaire la formation des stérigmates et des spores, ni chez *Lycoperdon gemmatum*, ni chez *Nidularia globosa*[3]. Mais en admettant l'existence, chez notre espèce, de filaments intermédiaires et le rôle qu'ils jouent dans la migration des noyaux, il faut admettre en même temps, à l'exemple de Maire, une action attractive exercée, sur ces derniers, par les centrosomes. Ceux-ci, on le sait, ne sont pas seulement les centres de la division cinétique, ils interviennent aussi dans la motilité cellulaire, ce qui leur a fait donner, par Henneguy, le nom de *centres moteurs du cinoplasma*, et, par Zimmermann, celui de *cinocentres*. Il s'agirait, dans le cas qui nous occupe, d'une véritable attration chimiotactique.

Attirés par les stérigmates, les noyaux s'étirent et prennent généralement,

[1] *Loc. cit.*, p. 185.
[2] *Loc. cit.*, p. 12 et note au bas de la page.
[3] *Loc. cit.*, pp. 174 et 179.

comme le dit Maire, la forme de larmes bataviques à pointe dirigée vers la spore. Cette forme est bien reproduite sur la figure 28 de Ruhland ; elle a aussi été observée par Petri qui, à une certaine phase, voit les noyaux s'allonger dans le sens longitudinal de la cellule [1]. Les noyaux-filles définitifs, écrit le savant italien, en s'allongeant, perdent leur membrane et deviennent granuleux. Cette structure granuleuse est bien visible sur les figures de l'auteur, notamment sur la figure 15. Dans nos préparations, les noyaux, dépourvus de membrane, occupent en général un espace clair; ils sont plus ou moins allongés et affectent souvent la forme de larmes bataviques (pl. II, fig. 42-48 ; pl. III, fig. 1, 2, 4-7, 9, 11). Dans certains cas seulement, ils ont une structure granuleuse comparable à celle observée par Petri (pl. III, fig. 3); généralement les noyaux se composent d'une masse chromatique homogène et d'un ou de deux granules, rarement davantage, plus colorables (nucléoles). Le granule unique ou un des granules est presque toujours situé à l'extrémité du noyau tournée vers le stérigmate (pl. III, fig. 1, 2, 4 et 12).

La relation entre le développement des spores et le passage des noyaux dans leur intérieur varie. Dans certains cas, exceptionnels il est vrai et peut-être anormaux, un noyau peut pénétrer dans le stérigmate avant l'apparition de la spore (pl. II, fig. 37). Sur notre figure 42, planche II, deux noyaux sont engagés dans des stérigmates qui portent chacun une spore à peine ébauchée, alors que sur notre figure 7, planche III, la spore qui a atteint ou à peu près atteint toute sa croissance, ne renferme pas encore d'élément nucléaire ; aucun des noyaux de la baside n'a pénétré dans le court stérigmate. Maire constate que, chez les Basidiomycètes, « la spore est souvent » presque entièrement formée avant que son noyau y soit attiré ». Il y voit une indépendance relative du noyau et de la cellule. « D'une façon générale, » *les noyaux se tiennent à distance des extrémités en voie de croissance*, » contrairement à ce qui a été avancé par Haberlandt [2] ».

On peut considérer la formation des stérigmates et des spores chez les Basidiomycètes, comme un véritable phénomène de bourgeonnement, de

[1] *Loc. cit.*, p. 12, fig. 15 et 16.
[2] *Loc. cit.*, pp. 183-184.

germination. Cela étant, l'entrée d'éléments nucléaires dans les spores qui ont déjà acquis un certain développement, rappelle ce qui se passe chez certains organismes inférieurs. Ainsi, comme l'a démontré R. Hertwig (1876), l'Acinète marine, *Podophrya gemmipara*, émet, à son extrémité antérieure, un certain nombre de bourgeons où pénètrent ensuite des extrémités renflées du noyau maternel; un autre exemple est fourni par *Euglypha alveolata* chez laquelle, au moment de la mitose, apparaît d'abord, comme ébauche de la cellule-fille, un bourgeon de cytoplasma, dans lequel émigre ensuite un des deux noyaux provenant de la division du noyau-mère (Schewiakoff, 1888); on peut aussi citer ce qui se passe lors du bourgeonnement de la Levure [1].

DESTINÉE DES NOYAUX DÉFINITIFS DE LA BASIDE.

Ici nous touchons à une question sur laquelle, comme on l'a vu dans l'exposé historique, les trois auteurs qui, avant nous, se sont occupés de la sporulation chez *Hydnangium carneum*, ont émis chacun une opinion différente. Rappelons brièvement ces opinions : *a*) un des noyaux-filles nés de la première division, resté indivis, persiste dans la baside, d'où la possibilité de voir une nouvelle génération de spores succéder à la première (de Istvanffi); *b*) tous les noyaux définitifs pénètrent dans la spore unique ou dans les deux spores auxquelles la baside a donné naissance, ce qui rend impossible une seconde sporulation (Ruhland); *c*) seulement des fragments nucléaires, non des noyaux, migrent dans les spores (Petri).

Dans le but de jeter quelque lumière sur cette question controversée, voyons ce que nous apprennent certaines images fournies par nos préparations.

A. — *Basides à stérigmate et spore uniques.* — La figure 44, planche II, nous montre une baside dont les quatre noyaux définitifs, en forme de larmes bataviques, sont groupés à la base du stérigmate dans lequel ils semblent prêts à s'engager; dans la spore encore peu développée, on distingue deux corpuscules non safraninophiles, centrosomes ou centro-

[1] Voir planche V, figure 7 des *Planches de Physiologie végétale* de L. Errera et E. Laurent.

sphères. La baside dont la partie supérieure est reproduite figure 1, planche III, porte aussi une spore en voie de développement, mais d'un diamètre à peu près double de celui de la précédente; ici également, on compte quatre noyaux allongés dont deux sont déjà engagés dans le stérigmate. Le stérigmate de la baside, figure 8, planche III, porte une spore un peu plus volumineuse, à épispore déjà échinulée; indépendamment du contenu huileux de la spore, des éléments fortement colorés par la safrinine se voient dans le segment qui touche au stérigmate; ce sont très probablement des éléments de nature nucléaire; des éléments étirés de même nature occupent l'extrémité distale du stérigmate; à sa base se trouvent deux noyaux, l'un sphérique, l'autre un peu allongé et légèrement étranglé vers son milieu. Dans la baside, figure 45, planche II, à part le plus petit diamètre de la spore, la migration nucléaire correspond sensiblement à celle de la baside figure 8, planche III : éléments nucléaires étirés dans la lumière du stérigmate; deux noyaux au sommet de la baside, dont un tourné vers l'embouchure du stérigmate. Il a déjà été question plus haut de la spore que porte la baside, figure 7, planche III; quoique ayant atteint ou à peu près atteint son complet développement, elle ne renferme encore aucun élément nucléaire; les quatre noyaux définitifs siègent au sommet de la baside. Sur la figure 9, planche III, la spore qui a sans doute atteint toute sa croissance, est farcie d'huile colorée en noir par l'osmium, ce qui ne permet pas de s'assurer si elle renferme ou non des éléments nucléaires; trois petits grains peu safraninophiles sont logés dans le stérigmate; trois noyaux en forme de larmes bataviques occupent le sommet de la baside; cela permet de supposer qu'un des quatre noyaux a pénétré dans la spore. L'image fournie par la baside figure 11, planche III, diffère surtout de la précédente par l'absence de granules safraninophiles dans la lumière du stérigmate. Enfin la spore de la figure 10, planche III, peut être considérée comme ayant atteint son complet développement et comme prête à se détacher de son support; ainsi que celles des figures 9 et 11, planche III, elle est bourrée de graisse; il en est de même de la baside à laquelle elle appartient; toutefois, au sommet de celle-ci, quelques parties colorées par la safranine, au milieu de fond noir, trahissent la présence d'éléments nucléaires; des granules safra-

ninophiles logés dans la lumière du stérigmate rappellent ceux de la baside figure 9, planche III.

B. — *Basides à deux stérigmates et à deux spores.* — Nous avons eu l'occasion de renvoyer à la figure 42, planche II, sur laquelle deux stérigmates d'inégale longueur portent chacun une spore à peine ébauchée, un noyau se trouvant logé dans chaque stérigmate; on ne découvre pas d'autres noyaux dans la baside d'ailleurs assez fortement chargée de matières grasses. Les spores de la baside rendue figure 48, planche II, également développées, sont encore dépourvues d'éléments nucléaires; à la base de chaque stérigmate se trouve une paire de noyaux. Quoique les spores de la figure 47, planche II, soient moins volumineuses que celles de la précédente baside, l'une d'elles, celle de gauche, renferme déjà des éléments nucléaires, comme le prouve la présence, au sommet du stérigmate, d'une partie de noyau, *n*, non encore y engagée. Dans les deux stérigmates, partiellement en continuité avec les trois noyaux allongés situés au sommet de la baside, se voient des traînées safraninophiles auxquelles nous avons déjà fait allusion. Les figures 43 et 46 de la planche II, fournissent la preuve que, de même que pour les stérigmates, il n'y a pas toujours synchronisme entre le développement des spores; en effet, sur chacune des deux figures, un seul stérigmate porte une spore en voie d'évolution; ici la coloration des spores par la safranine n'est pas due à la présence d'éléments nucléaires, car, sur les deux figures, on découvre les quatre noyaux au sommet de la baside. Sur la figure 2, planche III, les spores petites sont inégalement développées; la plus volumineuse des deux renferme un noyau *n*; au sommet de la baside, sont les trois noyaux restants, dont un près de l'entrée du stérigmate qui porte la plus petite spore. Les spores plus développées de la figure 6, planche III, sont encore dépourvues de noyau; un noyau étiré *n* remplit la lumière d'un des stérigmates jusque contre la spore qu'il supporte; un autre noyau en forme de larme batavique occupe la partie inférieure du stérigmate porteur de l'autre spore; les deux noyaux restants sont situés au sommet de la baside. La baside représentée par la figure 5, planche III, est surmontée de deux stérigmates d'inégale longueur; la spore appartenant au stérigmate le plus

long, fortement colorée par la safranine, renferme très probablement des éléments nucléaires; la spore du stérigmate le plus court est en partie chargée de graisse; à la base de ce stérigmate siègent trois noyaux dont un relié, à la spore, par une traînée safraninophile. Des deux spores de la baside reproduite figure 4, planche III, la plus volumineuse contient deux noyaux, et, comme trois autres noyaux occupent encore le sommet de la baside, on peut se demander si les deux noyaux de la spore ne proviennent pas de la division d'un des quatre noyaux qui y a penétré. Il est difficile d'interpréter exactement la figure 3, planche III. Le filament enroulé et granuleux *n* renfermé dans une des spores est probablement de nature nucléaire; les éléments safraninophiles logés dans le stérigmate qui supporte l'autre spore, et qui équivalent à un ou à deux noyaux, se présentent avec l'aspect granuleux signalé par Petri; un autre noyau, plus ou moins sphérique, également granuleux, siège au sommet de la baside. La baside de la figure 12, planche III, porte deux stérigmates d'égale longueur; les spores qui les surmontent, probablement arrivées à maturité, sont farcies de graisse; un petit noyau se voit à la base de chaque stérigmate; cela fait supposer que dans chaque spore a pénétré un noyau.

Voici les conclusions que je crois pouvoir tirer de l'examen qui précède :

1. — La pénétration des noyaux dans les spores, aussi bien dans celles des basides unisporées que dans celles des basides bisporées, a lieu à des époques variables du développement de ces spores, alors même qu'il s'agit des spores d'une même baside; comme nous l'avons remarqué plus haut, il n'existe donc pas de relation constante entre l'âge des spores et le passage des noyaux dans leur intérieur.

2. — Contrairement à l'opinion de Ruhland, lorsque la spore unique ou les deux spores sont entièrement développées et nucléées, des noyaux se rencontrent encore dans la baside (pl. III, fig. 9, 11, 12), mais ce n'est pas un noyau-fille resté indivis, comme le veut de Istvanffi. Par conséquent, on pourrait admettre qu'une seconde génération de spores succède à la première, n'était l'envahissement fréquent de la spore par un abondant deutoplasma huileux.

3. — Il semble que chaque spore des basides bisporées reçoit le plus souvent un noyau, tandis qu'il n'est pas rare de voir deux noyaux pénétrer dans la spore des basides unisporées (pl. II, fig. 44; pl. III, fig. 8).

4. — Il est probable que les noyaux, tout en s'étirant, finissent par pénétrer comme tels à l'intérieur des spores, car les images favorables à la manière de voir de Petri sont une rare exception (pl. III, fig. 3).

SPORES MÛRES.

Les spores mûres fournies par les basides de la seconde génération sont rares et, à part celles de la figure 7, planche III, je n'en ai pas rencontrées qui ne fussent gorgées d'huile (pl. III, fig. 9-11). Aussi les descriptions qui suivent se rapportent-elles exclusivement à des spores appartenant aux basides de la première génération.

Le diamètre des spores oscille, en moyenne, entre 9 et 12 μ. Dans la plupart a lieu, de bonne heure, une élaboration de matière grasse qui, après traitement par les liquides osmiques, se colore en noir et cache ainsi le reste du contenu. Dans les spores non chargées de graisse, les noyaux, en nombre variable, revêtent différents aspects.

Rappelons que Ruhland attire l'attention sur la multiplicité des noyaux dans les spores d'*Hydnangium carneum;* d'après lui, le nombre de noyaux s'élève régulièrement jusqu'à six. Nos observations confirment celles du botaniste allemand, mais nous constatons que le nombre six peut être dépassé. Ainsi, dans la grosse spore dont le diamètre atteint 15 μ (pl. III, fig. 27), on compte huit noyaux; en supposant achevée la division des noyaux en anaphase de la spore reproduite figure 23, planche III, on arrive au même chiffre. Par le nombre de leurs noyaux, ces spores rappellent celles observées, par Maire, chez *Clitopilus orcella* Bull.[1].

D'après Petri, le noyau primitif de la spore ne doit pas être considéré comme un noyau normal; c'est plutôt un amas de granules chromatiques

[1] *Loc. cit.*, p. 146.

qui, plus tard, donnent naissance aux vrais noyaux définitifs; ceux-ci présentent une structure semblable à celle des noyaux primitifs de la baside et des hyphes végétatives [1]. Sans admettre avec le botaniste italien que seulement des fragments nucléaires pénètrent dans les spores, nous devons reconnaître que, dans celles encore en voie d'évolution mais déjà pourvues d'éléments nucléaires, ces derniers ont en général des caractères peu nets. Il en est autrement des spores arrivées à maturité; chez elles, l'aspect des noyaux varie d'après qu'ils se trouvent à l'état dit de repos, ou à l'état de division.

Ceux au repos consistent en de petites masses tantôt sphériques, homogènes, safraninophiles (pl. III, fig. 20), tantôt plus ou moins ovalaires ou triangulaires, homogènes aussi et souvent peu safraninophiles, mais pourvues, à une de leurs extrémités, d'un corpuscule plus colorable (nucléole); par exception, certains noyaux possèdent deux ou trois semblables corpuscules, toujours situés à la périphérie de l'élément (pl. III, fig. 19, 25, 26). Les noyaux de cette seconde catégorie sont identiques aux noyaux primaires de jeunes basides, ainsi qu'à certaines formes nucléaires de noyaux-filles et de noyaux définitifs, formes que nous avons comparées à celles rencontrées, par Maire, chez *Gofrinia conica*. Généralement un espace clair entoure les noyaux au repos (pl, III, fig. 19).

Nous avons trouvé les noyaux à diverses phases de la division mitosique. La spore reproduite figure 14, planche III, renferme un noyau en anaphase; on voit distinctement que chaque noyau-fille possède deux chromosomes. Dans la spore représentée figure 15, deux noyaux s'apprêtent à se diviser. La division n'est pas toujours synchronique : dans la spore, figure 16, où quatre noyaux vont remplacer l'état binucléaire, un des noyaux est encore en anaphase, tandis que ceux provenant de la division de son congénère sont déjà indépendants. La spore, figure 18, renferme une figure mitosique très nette, identique aux figures de division des basides; on y distingue les deux chromosomes formant plaque équatoriale, les filaments du fuseau et un centrosome à chaque pôle de ce dernier; inférieurement, appliquée contre

[1] *Loc. cit.*, pp. 13 et 14.

la paroi de la spore, est une figure qui correspond peut-être à un fuseau de division vu sur la tranche. On constate aussi la présence d'une traînée granuleuse partant du pôle inférieur de la figure mitosique supérieure, et qui va aboutir à un granule chromatique d'où part une traînée semblable qui se termine, à son tour, à un petit granule chromatique périphérique. Ces traînées se rencontrent aussi dans des spores dont les noyaux sont au stade repos (fig. 26). Cette disposition est sans doute en rapport avec des divisions nucléaires antérieures. La figure 22 montre une autre disposition, peu fréquente d'ailleurs, et qui constitue plutôt une anomalie : le groupement des noyaux arrivés à la fin de l'anaphase prouve que nous sommes en présence d'une mitose tripolaire.

Indépendamment des noyaux, le contenu de la spore consiste, comme le dit Petri, en un réticulum cytoplasmique ; ce réticulum, à mailles plus ou moins serrées, renferme fréquemment des vacuoles (pl. III, fig. 15, 18, 19, 22); lorsqu'elles deviennent nombreuses et plus petites, elles donnent au contenu cytoplasmique de certaines spores un aspect spumeux, alvéolaire (fig. 17, 26).

Sans partager l'opinion de Petri concernant l'intervention de ses granulations directrices dans la genèse des enveloppes sporiques, nous avons admis l'intervention, dans cette genèse, des éléments safraninophiles si souvent présents au sommet des stérigmates. Ainsi s'explique qu'en général, dès leur apparition et avant toute pénétration de noyaux dans leur intérieur, les spores fixent énergiquement la matière colorante.

Dans la spore mûre, on distingue l'endospore et l'épispore, cette dernière plus épaisse et échinulée.

ÉLABORATION DE MATIÈRES GRASSES.

Elle s'observe aussi bien dans les spores que dans les basides. Dans les spores, nous l'avons vu, elle commence de bonne heure et constitue la règle; la graisse élaborée forme bientôt la majeure partie du contenu.

L'élaboration de la graisse dans les basides, tout en étant moins générale que dans les spores, constitue néanmoins un phénomène fréquent. Elle est

propre aux divers âges de la baside, depuis celles à syncarion (pl. I, fig. 17), jusqu'à celles en pleine sporulation (pl. II, fig. 42, 44, 45, 47, 48 et plusieurs figures de la planche III). C'est dire qu'on la rencontre aussi dans des basides où a lieu la caryomitose (pl. I, fig. 34). Maire fait observer avec justesse que les phénomènes qui se produisent dans la baside durant l'élaboration de matières grasses sont d'un grand intérêt cytologique, le travail élaborateur et le travail cinétique pouvant coexister dans les basides. Il compare ce fait à celui des œufs télolécithes, « où tandis que la plus grande partie de l'œuf est entièrement occupée à l'élaboration du deutoplasma vitellin, les divisions qui ont pour but la formation et l'expulsion des globules polaires ont lieu dans une petite aréole claire [1] ». Il en conclut que la loi de Prenant (1899) : « Toute cellule qui se divise est incapable de produire et » ne fonctionne pas... *n'est donc pas applicable aux cellules reproductrices* » *et doit être restreinte aux cellules différenciées du soma* [2] ».

Nos préparations étant simplement colorées par la safranine, nous n'avons pu constater l'inversion de la colorabilité normale chez les cellules en sécrétion, c'est-à-dire l'oxychromatisation totale ou partielle du noyau, tandis que le cytoplasma devient plus ou moins basophile; nous n'avons pas rencontré non plus les granulations fortement basophiles qui accompagnent souvent cette sécrétion. Par contre, l'influence nucléaire sur l'élaboration des matières grasses se manifeste clairement. Comme le montrent les figures de basides où cette élaboration a lieu, elle débute toujours dans le voisinage du noyau ou des noyaux, alors même que ceux-ci sont en mitose (pl. I, fig. 32, 34). La graisse élaborée revêt la forme de fins granules ou de gouttelettes de dimensions variables, souvent entourés d'une aréole claire (pl. I, fig. 19, 32); ou bien elle s'insinue entre les alvéoles et les lacunes du cytoplasma, faisant ainsi ressortir plus nettement sa structure (pl. I, fig. 17, 34, pl. III, fig. 6). A partir des endroits de son origine, la graisse tend à gagner la partie basale de la cellule, où elle s'accumule en quantité plus ou moins grande (pl. I, fig. 28, 30, 34; pl. II, fig. 22, 23, 28, 32, 40, 44; pl. III, fig. 6).

[1] *Loc. cit.*, p. 123.
[2] *Loc. cit.*, p. 189.

CONCLUSIONS.

1. — Conformément aux résultats obtenus par Ruhland et Petri, on trouve un ou deux noyaux dans les cellules végétatives d'*Hydnangium carneum*, et constamment un complexe de deux noyaux ou *syncarion* dans les cellules sous-hyméniales. Ce syncarion se divise par mitose conjuguée.

2. — Comme l'ont vu ces auteurs, la baside, dès son apparition, est toujours binucléée (noyaux conjugués de Petri — noyaux primaires — syncarion).

3. — Comme le dit Petri, les deux noyaux conjugués, au moment de la fusion, se trouvent à la phase spirème.

4. — L'apparition de granulations chromatiques qui, d'après Petri, se séparent des noyaux au moment de la fusion et auxquelles il donne le nom de « granulations directrices », ne constitue pas un phénomène constant.

5. — Après la fusion, le noyau secondaire, en se divisant, donne naissance, comme l'a vu Ruhland et contrairement à l'opinion de Petri, à une figure mitosique apicale et transversale, quelquefois plus ou moins oblique, semblable à celle observée chez beaucoup de Basidiomycètes, et dans laquelle on distingue une partie achromatique et une partie chromatique.

La partie achromatique consiste en le fuseau formé de deux filaments principaux, et en deux centrosomes situés aux pôles du fuseau; parfois une irradiation polaire est vaguement indiquée. La partie chromatique est d'abord représentée par des granulations de nombre variable, les *protochromosomes* de Maire, dont ce botaniste a constaté l'existence chez les Protobasidiomycètes à l'exclusion des Urédinées, et chez les Autobasidiomycètes. A la fin de la prophase, les protochromosomes se réunissent en *deux chromosomes définitifs* situés dans le plan équatorial de la figure. Ce qui se passe chez *Hydnangium carneum* vient donc confirmer ce que Maire a observé chez toutes les espèces étudiées par lui.

6. — Comme le suppose Ruhland, il est probable qu'au moment de la genèse de la figure mitosique, de la substance nucléaire chromatique passe dans le cytoplasma; ainsi s'explique l'apparition fréquente d'une zone chromophile au sommet de la baside (*zone chromophile apicale*).

7. — Les deux noyaux-filles nés de la division du noyau secondaire se divisent à leur tour, en général de façon synergique, en donnant naissance à deux figures mitosiques typiques, apicales et transversales comme la première, rarement plus ou moins obliques. Chaque figure possède deux chromosomes; il n'y a pas formation de protochromosomes. *Le noyau de fusion ne subit donc pas,* comme le veut Petri, *deux divisions caryocinétiques simultanées.*

8. — Les quatre noyaux définitifs, généralement disposés par paires, affectent des arrangements très variés, d'où il faut conclure qu'ils ne gardent pas leur position première.

9. — La baside, conformément à ce qu'a vu Ruhland, donne typiquement naissance à un ou à deux stérigmates auxquels correspondent, à part de rares exceptions, un nombre égal de spores.

10. — Nous pouvons admettre, avec Petri, que les stérigmates naissent aux dépens d'une évagination de la membrane de la baside. Dans beaucoup de cas, on rencontre à ce moment au sommet de la baside une zone plus compacte et plus opaque que le reste du cytoplasma, non safraninophile, sorte de *calotte apicale,* qui se confond insensiblement, par ses bords, avec la membrane de la baside.

11. — Dès leur apparition, les stérigmates renferment généralement une substance ou des éléments chromophiles qui ne correspondent pas aux granulations directrices de Petri, mais qui tirent sans doute leur origine de la zone chromophile apicale; on trouve aussi, au sommet des stérigmates naissants, un ou deux minuscules centrosomes.

12. — A une certaine phase de l'évolution, on peut considérer le sommet du stérigmate avec la substance chromatique et les centrosomes y renfermés comme représentant virtuellement la spore.

13. — Il n'existe pas de relation constante entre l'âge de la spore et le passage du noyau dans son intérieur.

14. — Seulement chez de rares basides, nous avons rencontré des productions comparables aux fibrilles qui, d'après Petri, relient ses granulations directrices aux noyaux-filles. Sans vouloir mettre en doute l'existence de ces fibrilles qui rappellent les cordons cinoplasmiques si souvent observés par Maire, il faut admettre, comme intervenant dans la migration des noyaux vers les stérigmates et les spores, une attraction exercée par les centrosomes, vrais *centres moteurs du cinoplasma*, comme les appelle Henneguy.

15. — Contrairement à l'opinion de Ruhland, lorsque les spores sont mûres et nucléées, il reste des noyaux dans la baside, mais ce sont des noyaux petites-filles (noyaux définitifs); il ne s'agit donc pas d'un noyau-fille resté indivis, comme le suppose de Istvanffi. On pourrait admettre, à l'exemple de ce botaniste, qu'une seconde génération de spores succède à la première, n'était l'envahissement fréquent et précoce de la baside et des spores par un abondant deutoplasma huileux.

16. — Au lieu qu'une partie seulement de la substance chromatique des quatre noyaux de la baside migre dans les spores, comme l'affirme Petri, il est beaucoup plus probable que les noyaux, tout en s'étirant, y pénètrent comme tels.

17. — Il semble que chaque spore des basides bisporées reçoit le plus souvent un noyau, tandis qu'il n'est pas rare de voir deux noyaux pénétrer dans la spore des basides unisporées.

18. — Comme Ruhland l'avait déjà observé, le noyau ou les noyaux arrivés dans la spore se divisent, et, les divisions nucléaires se répétant, la spore mûre peut contenir jusqu'à huit noyaux.

19. — Le cytoplasma des basides et des spores a une grande tendance à élaborer des matières grasses; cette élaboration, qui débute dans le voisinage du noyau, s'observe même dans les basides qui sont le siège d'une caryomitose.

APPENDICE

Comme je le dis en note à la page 15, depuis que la Classe a voté l'impression de mon mémoire [1], j'ai reçu de M. L. Petri un exemplaire de son travail intitulé : *La formazione delle spore in* Naucoria nana *n. sp.*, paru in *Nuovo Giornale botanico italiano* (nuova serie), volume X, n° 3, Luglio, 1903. Dans ce travail, l'auteur maintient la justesse des résultats antérieurement obtenus par lui chez *Hydnangium carneum*. Ainsi, faisant cette fois allusion à ceux auxquels est arrivé Ruhland chez la même espèce, il avance derechef qu'une division nucléaire normale, telle qu'on l'observe chez la majeure partie des Basidiomycètes, n'existe pas dans la forme examinée par lui. Il ajoute : « Queste divergenze nei resultati riguardanti quella che dovrebbe essere la stessa specie, non lasciano dubbio alcuno che il materiale adoperato appartenova a generi diversi. » (Note, page 6 du tiré à part.)

A la date du 30 septembre dernier, M. L. Petri m'écrit qu'après avoir pris connaissance de ma communication préliminaire, il a revu ses anciennes préparations et en a fait de nouvelles, dans le but de vérifier s'il s'était trompé en niant l'existence, dans les basides d'*Hydnangium carneum*, d'une figure mitosique apicale et transversale. Il n'a pu, dit-il, que confirmer ses résultats antérieurs, ce qui lui paraît très naturel, vu que, chez *Naucoria nana*, étudiée avec les mêmes méthodes de fixation et de coloration dont il s'est servi pour ses recherches chez *Hydnangium*, il trouve la figure mitosique caractéristique. Comme dans le travail cité plus haut, le savant mycologue fait remarquer qu'il faut conclure de la différence entre ses résultats et ceux de Ruhland et les miens, que les formes ayant servi aux

[1] Cette ajoute a été adoptée par la Classe, dans sa séance du 5 décembre 1903.

recherches ne sont pas les mêmes. « Vous voudrez bien, est-il ajouté, avoir la bonté d'examiner l'échantillon que je vous envoie pour le comparer à la forme examinée par vous. Dans l'intérêt de la science, il serait avantageux de faire un peu de lumière sur ce point. »

Les exemplaires que M. L. Petri a bien voulu m'adresser étaient conservés dans l'alcool. Macroscopiquement, ils ne diffèrent pas des miens. Des fragments en ont été enrobés dans la paraffine et débités en coupes au microtome; celles-ci ont ensuite été colorées de diverses façons : safranine, safranine et vert-lumière, hématoxyline ferrique, etc. Ainsi que je l'ai écrit à mon honoré correspondant à la date du 26 novembre dernier, en examinant au microscope les coupes susdites, j'ai immédiatement fixé mon attention sur le point de savoir si on y rencontrait des basides avec la figure mitosique en question; or, dès le début de cet examen, je suis tombé sur des basides présentant ce caractère; ainsi, en parcourant une douzaine de coupes, j'ai pu compter jusqu'à vingt-cinq basides avec fuseau apical et transversal, parfois plus ou moins oblique. A chaque pôle du fuseau, un centrosome est nettement visible; la plaque équatoriale est représentée tantôt par deux, tantôt par un nombre plus considérable de chromosomes, etc. Donc les exemplaires reçus de M. L. Petri m'ont fourni des images identiques à celles fournies par mes exemplaires. C'est ce qu'il importait de faire ressortir et ce qu'il s'agissait de prouver. Il me semble dès lors hors de doute que Ruhland, Petri et moi, nous avons eu sous les yeux la même espèce ou peut-être deux formes d'une même espèce se distinguant seulement entre elles par des caractères secondaires; mais — et c'est le point essentiel et sur lequel porte la controverse — dans les exemplaires étudiés par Petri, tout comme dans les miens, on rencontre des basides avec fuseau apical et transversal.

EXPLICATION DES PLANCHES

Toutes les figures ont été dessinées à l'aide de la chambre claire avec l'objectif imm. homogène Zeiss 3 millimètres, et ocul. compensateur 12; pour les figures 1-12, avec l'ocul. compensateur 18.

PLANCHE I.

Fig. 1. — Cellule d'hyphe des parois d'une chambre hyméniale, avec deux syncarions provenant d'une division récente.

Fig. 2. — Syncarion d'une autre cellule.

Fig. 3 et 4. — Autres cellules avec syncarions.

Fig. 5-7. — Trois syncarions d'hyphes sous-hyméniales.

Fig. 8. — Cellule avec noyaux du syncarion en voie de division mitosique conjuguée. Fin de la prophase.

Fig. 9. — Extrémités de deux cellules avec syncarions.

Fig. 10-12. — Cloisons transversales avec épaississements hémisphériques basophiles.

Fig. 13. — Baside flétrie de la première génération, renfermant des granules et des grumeaux safraninophiles.

Fig. 14. — Autre baside de la même génération, munie d'un stérigmate long et étroit portant une spore farcie de graisse.

Fig. 15. — Baside avec son syncarion.

Fig. 16. — Baside avec syncarion plus avancée en développement.

Fig. 17. — Autre baside avec syncarion. Élaboration de deutoplasma graisseux.

Fig. 18. — Baside avec ses deux noyaux primaires se fusionnant. Granulations chromatiques au sommet de la baside.

Fig. 19. — Baside où la fusion des noyaux primaires est plus avancée. Au sommet, granules graisseux élaborés par le cytoplasma.

Fig. 20. — Baside avec noyau secondaire.

Fig. 21. — Autre baside avec noyau secondaire. Filament nucléaire fragmenté.

Fig. 22. — Vue polaire d'une baside avec noyau secondaire à la phase spirème.

Fig. 23. — Vue polaire de deux basides avec leur noyau en synapsis.

Fig. 24. — Baside avec son noyau en synapsis.

Fig. 25. — Baside avec son noyau à la phase spirème.

Fig. 26 et 27. — Basides avec noyau secondaire.

Fig. 28. — Baside avec noyau secondaire. Granulations et bordure safraninophiles au sommet de la baside. Deutoplasma graisseux accumulé à la base de la cellule.

Fig. 29. — Baside avec noyau secondaire à la phase spirème.

Fig. 30. — Baside avec noyau secondaire. Au sommet, deux petits corps sphériques faiblement safraninophiles. Graisse accumulée à la base.

Fig. 31. — Baside avec noyau secondaire à fin réticulum chromatique, granules chromatiques (chromomères) et un nucléole vacuolé.

Fig. 32. — Formation des protochromosomes. Granules graisseux au sommet de la baside.

Fig. 32bis. — Vue polaire d'une baside avec noyau secondaire montrant les protochromosomes.

Fig. 33. — Première division du noyau secondaire. Prophase : apparition des centrosomes et du fuseau sur lequel se disposent les protochromosomes.

Fig. 34. — Prophase un peu plus avancée. Réserves graisseuses élaborées par le cytoplasma.

Fig. 35. — Autre exemple de prophase. Sous la figure mitosique, un granule chromatique (protochromosome resté en arrière ou nucléole).

Fig. 36. — Fin de la prophase.

Fig. 37. — Fin de la prophase. Position oblique du fuseau; irradiations à un de ses pôles; deux chromosomes définitifs.

Fig. 38. — Même phase. De chaque pôle du fuseau partent deux filaments vers les chromosomes.

Fig. 39. — Anaphase. Filament étiré chromatique réunissant les noyaux-filles.

Fig. 40. — Fin de l'anaphase. Situation tout à fait périphérique des noyaux-filles. Vestiges fusoriaux entre les noyaux.

Fig. 41. — Même stade. Zone différenciée safraninophile au sommet de la baside.

Fig. 42. — Stade un peu plus avancé. Comme sur la baside représentée figure 41, une zone safraninophile occupe le sommet de la baside.

Fig. 43-45. — Basides avec noyaux-filles provenant de la première division du noyau secondaire. Au sommet de la baside reproduite à la figure 44, se voit une zone plus opaque avec granule safraninophile au milieu d'un espace clair.

Fig. 46. — Baside avec ses deux noyaux-filles. Ébauche d'un stérigmate ; au sommet de l'ébauche, deux minuscules granules non safraninophiles (centrosomes).

PLANCHE II.

Fig. 1. — Prophase de la seconde division. Un centrosome à deux pôles opposés de chaque noyau.

Fig. 2. — Autre exemple de prophase de la seconde division. (Voir texte.)

FIG. 3 et 4. — Seconde division. Fin de la prophase. *n*, nucléole.

FIG. 5. — Un des noyaux-filles complètement divisé, l'autre à la fin de la prophase.

FIG. 6. — Seconde division. Anaphase.

FIG. 7. — Seconde division. Anaphase moins avancée que celle représentée figure 6.

FIG. 8. — Seconde division. Deux noyaux petits-filles (noyaux définitifs) encore réunis par un filament internucléaire. Stérigmate à l'état d'ébauche.

FIG. 9-13. — Seconde division achevée. Noyaux définitifs groupés par paires.

FIG. 14-17. — Seconde division achevée. Vue polaire de basides avec les quatre noyaux définitifs.

FIG. 18-19. — Deux basides avec les quatre noyaux définitifs. La baside figure 19 montre une zone apicale différenciée, faiblement safraninophile.

FIG. 20. — Autre baside avec noyaux définitifs. Première ébauche de deux stérigmates.

FIG. 21. — Baside à trois noyaux.

FIG. 22 et 23. — Deux basides à six noyaux. Matière grasse accumulée à l'extrémité basale de la cellule.

FIG. 24. — Baside à quatre noyaux. Ébauche d'un stérigmate.

FIG. 25. — Autre baside quadrinucléée, avec ébauche d'un stérigmate. Calotte opaque (calotte apicale) au sommet de la baside.

FIG. 26. — Autre baside avec les quatre noyaux définitifs. Calotte apicale. Première ébauche d'un stérigmate; deux minuscules centrosomes au sommet.

FIG. 27. — Autre baside à quatre noyaux, avec ébauche d'un stérigmate renfermant à son sommet un centrosome.

FIG. 28. — Baside à quatre noyaux. Ébauche d'un stérigmate faiblement colorée par la safranine. Amas de matière grasse à l'extrémité inférieure de la baside.

FIG. 29. — Baside à quatre noyaux avec calotte apicale et ébauches de deux stérigmates. Dans chacune de ces ébauches faiblement safraninophiles, deux minuscules centrosomes.

FIG. 30. — Baside à quatre noyaux. Deux stérigmates ébauchés.

FIG. 31. — Autre baside à quatre noyaux, avec ébauches de deux stérigmates. Contenu safraninophile des ébauches.

FIG. 32. — Baside avec stérigmate déjà bien développé et formant angle avec le corps de la baside. Noyaux de la seconde mitose encore en anaphase. Matière grasse à l'extrémité inférieure de la baside.

FIG. 33. — Baside à quatre noyaux. Ébauche d'un stérigmate; elle renferme deux corpuscules safraninophiles.

FIG. 34. — Autre baside avec les quatre noyaux définitifs. Calotte apicale et ébauche d'un stérigmate.

FIG. 35. — Autre baside avec les quatre noyaux définitifs. Ébauche d'un stérigmate renfermant des granules safraninophiles. Graisse élaborée par le cytoplasma.

FIG. 36. — Baside à trois noyaux. Ébauche d'un stérigmate.

Fig. 37. — Baside avec ébauche de stérigmate. Deux noyaux au sommet de la baside; un noyau au sommet de l'ébauche stérigmatique.

Fig. 38 et 39. — Basides à quatre noyaux surmontées d'un stérigmate déjà bien développé. Éléments safraninophiles au sommet des stérigmates.

Fig. 40. — Baside à quatre noyaux et ébauches de deux stérigmates; elles renferment des éléments safraninophiles et un centrosome. Élaboration de graisse.

Fig. 41. — Baside à trois noyaux et deux stérigmates en voie de développement. Sommet des stérigmates faiblement coloré par la safranine et renfermant des centrosomes.

Fig. 42. — Baside à deux stérigmates avec la toute première ébauche des spores. Centrosomes dans ces ébauches. On ne distingue que deux noyaux, chaque noyau déjà logé dans un stérigmate. Contenu graisseux de la baside.

Fig. 43. — Baside à quatre noyaux allongés et à deux stérigmates, dont l'un porte une spore à l'état d'ébauche. Présence d'éléments safraninophiles dans cette ébauche.

Fig. 44. — Baside à un stérigmate portant une spore ébauchée qui renferme deux granules non safraninophiles (centrosomes ou centrosphères). Quatre noyaux, dont trois en forme de larmes bataviques, convergent vers la base du stérigmate. Graisse élaborée par le cytoplasme.

Fig. 45. — Autre baside à un stérigmate portant une jeune spore. Deux noyaux au sommet de la baside. Noyau engagé dans le stérigmate; éléments nucléaires dans la spore.

Fig. 46. — Sommet de baside à deux stérigmates, l'un portant une spore qui renferme des éléments safraninophiles. Quatre noyaux dont un prêt à s'engager dans le stérigmate avec ébauche sporique.

Fig. 47. — Baside à deux stérigmates surmontés chacun d'une jeune spore. Un noyau *n* partiellement engagé dans la spore de gauche; trois noyaux à la base des stérigmates. Des traînées safraninophiles partent de ces noyaux vers les spores; celles-ci, surtout celle de gauche, fortement colorées par la safranine.

Fig. 48. — Autre baside à deux stérigmates, chacun portant une jeune spore. Quatre noyaux au sommet de la baside.

Fig. 49. — Baside de forme anormale. (Voir texte.)

PLANCHE III.

Fig. 1. — Baside à un stérigmate avec spore. Quatre noyaux, dont deux engagés dans la partie basale du stérigmate.

Fig. 2-5. — Basides à deux stérigmates, chacun portant une spore; *n*, *n*, noyaux. (Voir texte.)

Fig. 6. — Baside à deux stérigmates, chacun portant une spore; *n*, noyau étiré engagé dans un des stérigmates jusque contre la spore; noyau en forme de larme batavique à la base du stérigmate porteur de l'autre spore; deux autres noyaux près de cette base. Deutoplasma huileux.

FIG. 7. — Baside à une spore portée par un court stérigmate. Dans la spore déjà très développée, on ne découvre aucun élément nucléaire. Quatre noyaux au sommet de la baside; en *n*, deux de ces noyaux superposés.

FIG. 8. — Baside à un stérigmate avec spore incomplètement développée; près de son point d'insertion, éléments nucléaires; d'autres éléments nucléaires étirés au sommet du stérigmate; éléments nucléaires à sa base.

FIG. 9. — Baside à un stérigmate avec spore complètement développée et bourrée de graisse; trois noyaux allongés au sommet de la baside; trois granules safraninophiles dans le stérigmate.

FIG. 10. — Autre baside à un stérigmate portant une spore mûre. Spore et baside farcies de graisse. Au sommet de la baside, une partie colorée par la safranine trahit la présence d'éléments nucléaires. Granules safraninophiles dans la lumière du stérigmate.

FIG. 11. — Baside à un stérigmate portant une spore mûre chargée de graisse. Trois noyaux près de la base du stérigmate; stries (filaments cinoplasmiques?) dans le cytoplasma; graisse élaborée par ce dernier.

FIG. 12. — Sommet de baside à deux stérigmates portant chacun une spore mûre, farcie de graisse; deux petits noyaux près la base des stérigmates.

FIG. 13. — Baside à trois stérigmates; chaque stérigmate porte une jeune spore; éléments nucléaires dans la lumière des stérigmates; deux noyaux à la base de deux des stérigmates.

FIG. 13bis. — Première division du noyau secondaire. Prophase. Granule (nucléole?) réuni par un filament à l'un des centrosomes.

FIG. 14. — Spore avec noyau en voie de division; anaphase. Chaque nouveau noyau possède deux chromosomes.

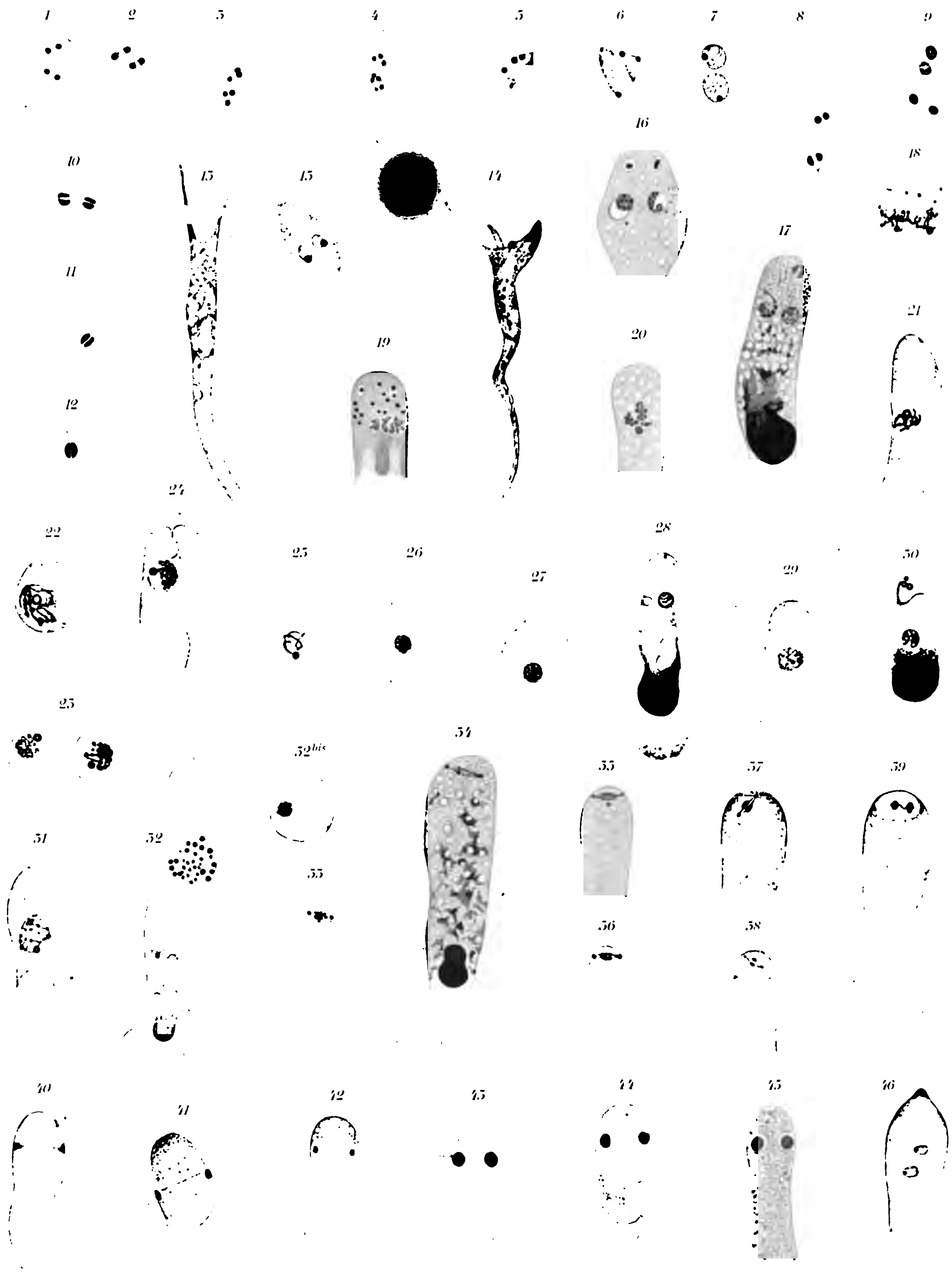
FIG. 15-18. — Divers exemples de division nucléaire à l'intérieur des spores. Dans la spore, figure 18, figure mitosique à la fin de la prophase : fuseau, centrosome à chacun de ses pôles, plaque équatoriale formée de deux chromosomes.

FIG. 19-20. — Spores à quatre noyaux qui sont à l'état dit de repos.

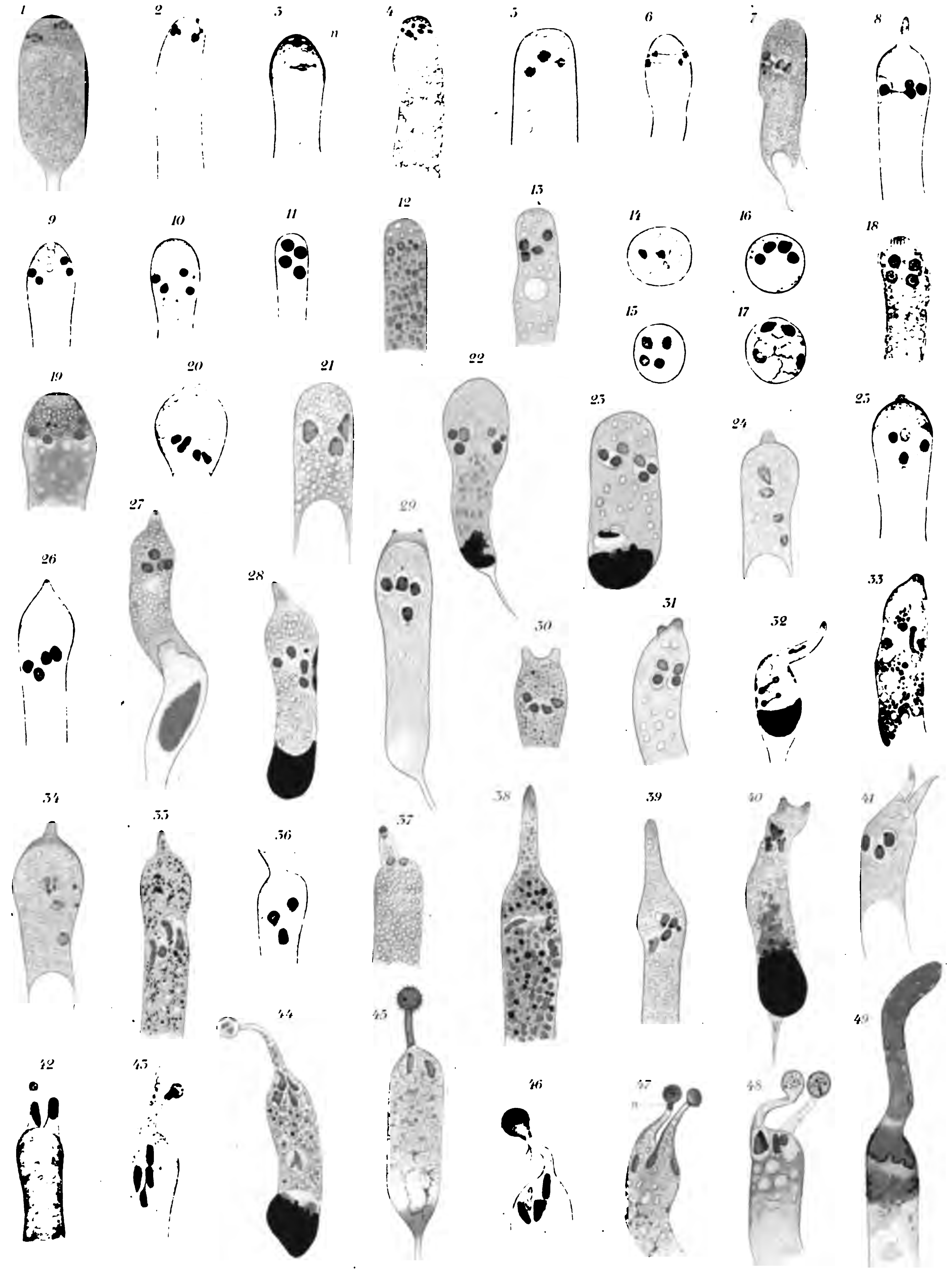
FIG. 21-24. — Divers aspects de divisions nucléaires. Dans la spore, figure 22, mitose tripolaire.

FIG. 25-26. — Spores à six noyaux.

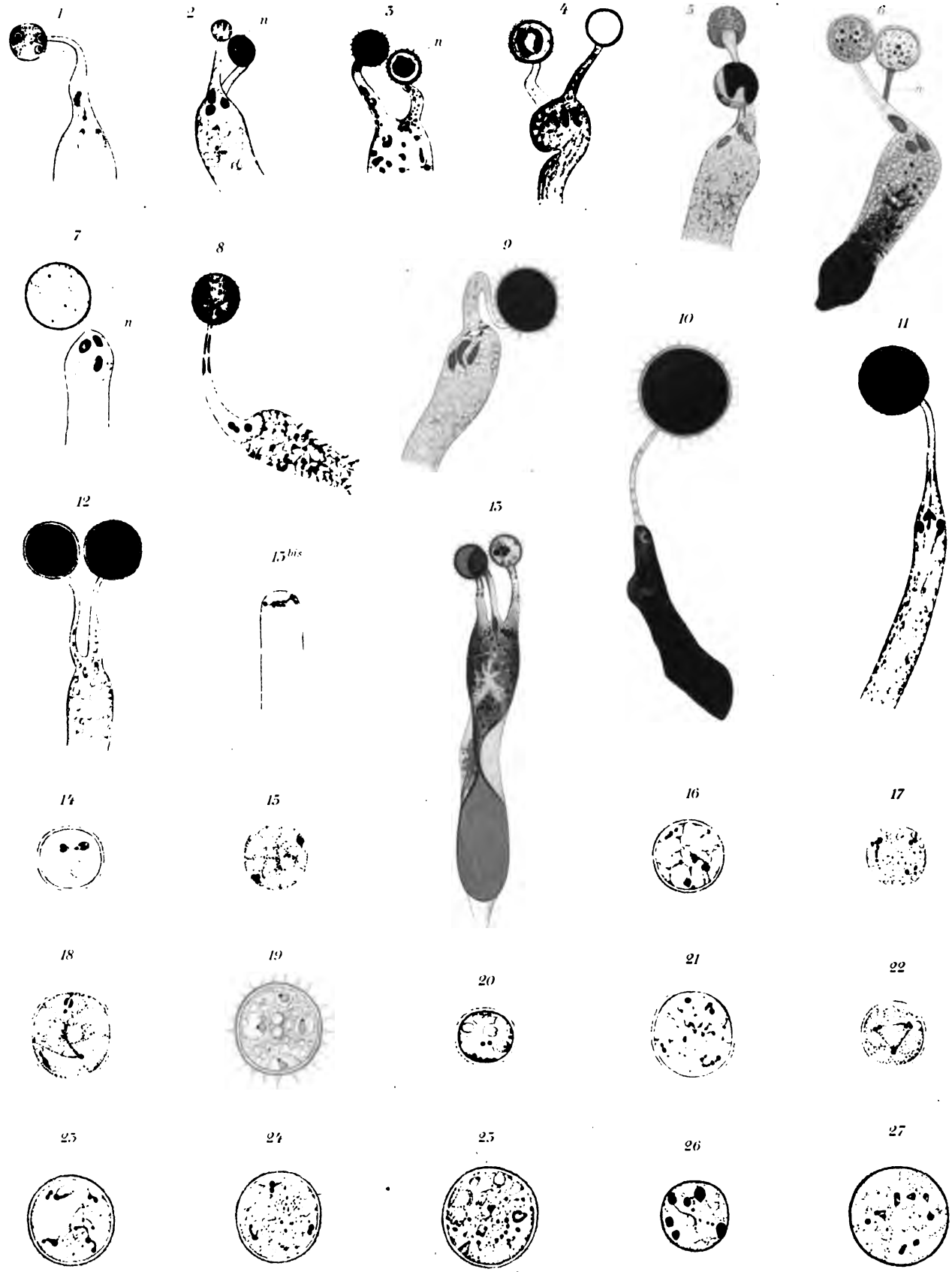
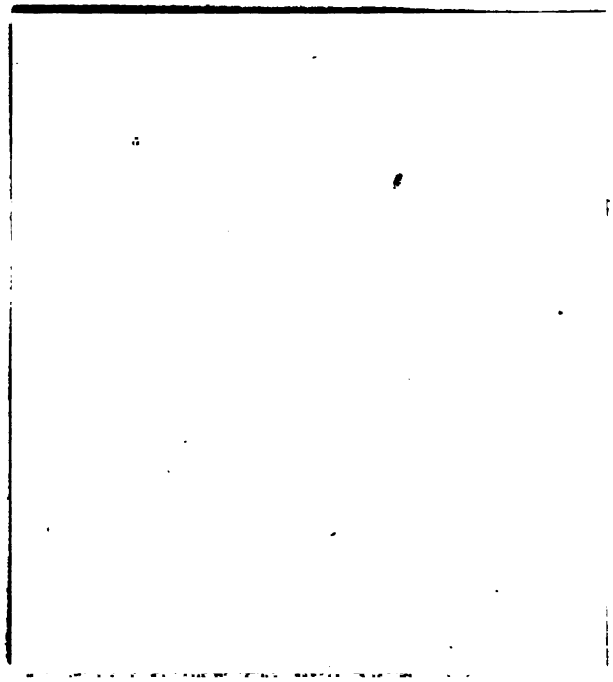
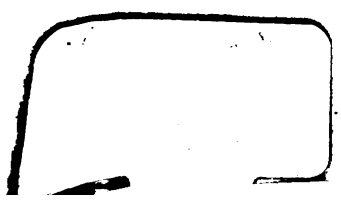
FIG. 27. — Spore à huit noyaux; quelques-uns en anaphase.



G. L. B. ad nat. del.



C. V. B. ad nat. del.


1
2
n
3
n
4
5
6
n
7
n
8
9
10
11
12
13
13bis
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27